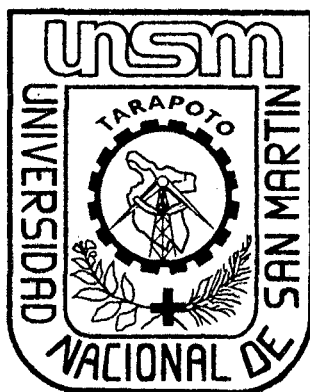


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORIL

ESCUELA ACADÉMICO - PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**“EFECTO DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS EN EL CULTIVO
DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum* L.) EN LA
PROVINCIA DE LAMAS”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

JOHN BRYAN VÁSQUEZ TIPÁ

TARAPOTO - PERÚ

2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORIL

ESCUELA ACADÉMICO - PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**“EFECTO DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS EN EL CULTIVO
DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum* L.) EN LA
PROVINCIA DE LAMAS”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

JOHN BRYAN VÁSQUEZ TIPA

TARAPOTO - PERÚ

2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA ACADÉMICO-PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

ÁREA DE MEJORAMIENTO Y PROTECCIÓN DE CULTIVOS

TESIS

**EFFECTO DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS EN EL
CULTIVO TOMATE (*Lycopersicon esculentum* L.) EN LA
PROVINCIA DE LAMAS**

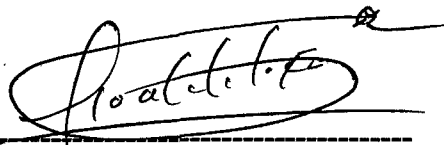
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
JOHN BRYAN VÁSQUEZ TIPA**

MIEMBROS DEL JURADO



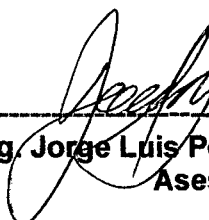
Dr. Winston Franz Ríos Ruiz
Presidente de jurado



Ing. Roaldo López Fulca
Secretario



Ing. M. Sc. Javier Ormeño Luna
Miembro



Ing. Jorge Luis Peláez Rivera
Asesor

ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
3.1. Generalidades del tomate	3
3.1.1. Origen	3
3.1.2. Clasificación Taxonómica	3
3.1.3. Etapas fenológicas del cultivo	4
3.1.4. Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de tomate	4
3.1.5. Funciones generales de los elementos nutritivos	6
3.1.5.1 Nitrógeno	6
3.1.5.2 Fósforo	7
3.1.5.3 Potasio	8
3.1.5.4 Magnesio	8
3.1.5.5 Valor Nutricional del tomate	8
3.2. Enfermedades del tomate	9
a) Tizón Temprano (<i>Alternaria solani</i>)	9
b) Mancha Gris de la Hoja (<i>Stemphylium solani</i>)	9
c)Mildió polvoso (<i>Leveillula taurina</i>)	9
d)Antracnosis (<i>Colletotrichum phomoides</i>)	10
e)Esclerotiniosis (<i>Sclerotium rolsii</i>)	10
f) <i>Fusarium oxysporum f. sp. Lactucae</i>	11

	Pág.
3.3. Microorganismo eficientes	11
3.3.1 Microorganismos presentes	12
a) Bacterias fototróficas	12
b) Bacterias ácido lácticas	13
c) Levaduras	14
d) Actinomicetes	14
e) Hongos de fermentación	15
3.3.2 Aplicación de microorganismos eficientes	15
3.3.3 Degradación de la celulosa	18
3.3.4 Degradación de almidón	19
3.3.5 Degradación de pectinas	22
3.3.6 Degradación de quitina	23
3.3.7 Degradación de lignina	24
3.3.8 Degradación de lípidos	25
3.3.9 Degradación de proteínas	26
3.4. Metabolismo Productor de energía	28
3.5. Fermentaciones	29
3.5.1 Fermentaciones lácticas	30
3.6. Respiración Anaeróbica	32
3.6.1 Desvitrificación	33

	Pág.
3.6.2 Reducción a nitritos	34
3.6.3 Sulfato reducción	34
3.7. Bacteria Autotróficas	
3.7.1 Nitrificación	35
3.7.2 Síntesis de proteínas	37
3.7.3 Fijación de N ₂	
3.8. Trabajos con aplicación de microorganismos eficientes	41
a) EM usado en la nutrición y control de Sigatoka en EARTH Costa Rica.	41
b) Microorganismos Eficientes (ME), en el cultivo de pepino híbrido Atar Ha 435	42
c) Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate	43
d) Producción y formulación de prototipos de un Biofertilizante a partir de bacterias nativas asociadas al cultivo de arroz	44
e) Efecto de microorganismos eficaces (EM) en el Rendimiento de cebolla china variedad 'simba'	44
f) Incidencia de EM en (<i>Pythium</i> sp, y <i>Fusarium</i> sp) en las raíces principal y secundaria en condiciones agroecológicas en Lamas	45

	Pág.
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	46
4.1. Materiales	46
4.1.1. Ubicación del campo experimental	46
4.1.2. Antecedentes del campo	46
4.1.3. Vías de acceso	47
4.1.4. Características edafoclimáticas	47
4.2. Metodología	48
4.2.1. Diseño y características del experimento	49
4.2.2. Tratamientos estudiados	49
4.2.3. Conducción del Experimento	50
a) Activación del EM – COMPOST	50
b) Almácigo	50
c) Instalación de experimento	50
d) Aplicación de cada tratamiento	51
e) Siembra	51
f) Estudio en laboratorio	52
a) Preparación de medio de cultivo	52
b) Llenado de placas Petri	52
c) Observación de colonias de hongos y bacterias	52
d) Identificación de Microorganismos	53

	Pág.
4.2.4. Variables evaluadas	53
- Altura de la planta	53
- Numero de racimos florales	53
- Numero de flores por racimos	53
- Diámetro del fruto	53
- Longitud del fruto	54
- Peso del fruto por planta y por tratamiento	54
- Rendimiento en la producción en Tn/Ha	54
V. RESULTADOS	55
5.1. De la altura de planta	55
5.2. Del número de racimos florales por planta	57
5.3. Del número de flores por racimo	59
5.4. Del diámetro del fruto	61
5.5. De la longitud del fruto	63
5.6. Del peso promedio del fruto por planta	65
5.7. Del número de frutos cosechados por planta	67
5.8. Del Rendimiento en kg51.ha ⁻¹	69
5.9. Del análisis económico de los tratamientos estudiados	71
VI. DISCUCIONES	72
6.1. De la altura de planta	72
6.2. Del número de racimos florales por planta	73
6.3. Del número de flores por racimo	73
6.4. Del diámetro del fruto	73
6.5. De la longitud del fruto	74

6.6.	Del peso promedio del fruto por planta	74
6.7.	Del número de frutos cosechados por planta	75
6.8.	Del Rendimiento en kg.ha ⁻¹	76
6.9.	Del análisis económico	77
VII.	CONCLUSIONES	78
VIII.	RECOMENDACIONES	79
IX.	BIBLIOGRAFÍA	80
X.	ANEXOS	84

I. INTRODUCCIÓN

El tomate es considerado la hortaliza más importante en el país, ya que contienen una gran cantidad de vitaminas entre las que destacan la A, B,C, E y K, además muy necesaria para el consumo diario, es ampliamente utilizada en variedades de potajes, en la industria y también tiene propiedades medicinales con un posible efecto en la prevención de los cánceres de próstata y vejiga.

La producción del cultivo es del tomate es ampliamente cultivada a nivel nacional y departamental, pero muchos agricultores desconocen de un adecuado manejo debido al uso excesivo de productos químicos para su producción.

Es por ello que el presente trabajo se estudia el funcionamiento y conducción del cultivo del tomate utilizando productos orgánicos, el efecto que causan los microorganismos benéficos a favor de una buena producción y así mismo ayudar a la población a producir sus hortalizas saludables todos los días, evitando al máximo el uso de productos químicos que son perjudiciales para nuestra salud.

II. OBJETIVOS

2.1. General

- Evaluar el efecto de los microorganismos benéficos en el desarrollo y producción del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum L.*) híbrido wxs 2205 f-1 en la provincia de Lamas.

2.2. Específicos

- Determinar la dosis más eficiente de microorganismos benéficos en el desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum L.*) híbrido wxs 2205 f-1 en la provincia de Lamas.
- Realizar el análisis económico para cada tratamiento.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO

3.1.1. Origen

El tomate es una planta originaria de Perú, Ecuador y México, países en donde se encuentran varias formas silvestres. Fue introducida en Europa en el siglo XVI. Al principio, el tomate se cultivaba solo como planta de adorno. A partir de 1900, se extendió el cultivo como alimento humano. El tomate se cultiva en las zonas templadas y cálidas. Existen notables diferencias en cuanto a los sistemas y técnicas culturales empleadas por los horticultores (J. N. M. Von Haeff, 1983). Actualmente el tomate se cultiva en casi la totalidad de países en el mundo (Rick, 1978).

3.1.2. Clasificación Taxonómica

De acuerdo a Hunziker (1979), la taxonomía generalmente aceptada del tomate es:

Reino	:	Vegetales
Clase	:	Dicotiledóneas
Orden	:	Solanales (Personatae)
Familia	:	Solanaceae
Subfamilia	:	Solanoideae
Tribu	:	Solanae
Género	:	<i>Lycopersicon</i>
Especie	:	esculentum
Nombre Científico	:	<i>Lycopersicon esculentum</i> L.

3.1.3. Etapas fenológicas del cultivo

Von Haeff (1998); menciona que los procesos fisiológicos del crecimiento y desarrollo del tomate dependen de las condiciones del clima; del suelo y de las características genéticas de la variedad.

- ✓ Desde el momento de la siembra hasta la emergencia transcurren entre 6 y 12 días.
- ✓ Desde la emergencia hasta el momento del trasplante ocurre entre 21 y 70 días. El tiempo que las plantas permanecen en el semillero dependen de la variedad, de la técnica de cultivo y de los requisitos de crecimiento.
- ✓ Se obtiene la cosecha de una variedad precoz a los 70 días después del trasplante, y 90 días después del trasplante.

3.1.4. Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de tomate

Según Cáceres, E. (1984), menciona:

❖ Temperatura

La temperatura del aire es el principal componente del ambiente que influye en el crecimiento vegetativo, desarrollo de racimos florales, el cuaje de frutos, desarrollo de frutos, maduración de los frutos y la calidad de los frutos.

Los rangos para un desarrollo óptimo del cultivo oscilan entre los 28 - 30° C durante el día y 15 - 18° C durante la noche. Temperaturas de más de 35° C y menos de 10° C durante la floración provocan caída de flor y limitan el cuajado del fruto, aunque puede haber diferencias entre cultivares, ya que las casas productoras de semillas, año con año, mejoran estos aspectos a nivel genético, por lo que hoy en día podemos encontrar variedades que cuajan perfectamente a temperaturas altas.

❖ **Humedad Relativa**

La humedad relativa óptima para el cultivo de tomate oscila entre 65 - 70 %; dentro de este rango se favorece el desarrollo normal de la polinización, garantizando así una buena producción; ya que por ejemplo, si tenemos condiciones de baja humedad relativa (- de 45%) la tasa de transpiración de la planta crece, lo que puede acarrear estrés hídrico, cierre estomático y reducción de fotosíntesis, afectando directamente la polinización especialmente en la fase de fructificación cuando la actividad radicular es menor.

❖ **Suelo**

Las plantas en su ambiente natural tienen que vivir, sin casi ninguna excepción en asociación con el suelo, una asociación conocida como relación suelo-planta. El suelo provee cuatro necesidades básicas de las plantas: agua, nutrientes, oxígeno y soporte.

Se considera que un suelo ideal debe de tener las siguientes condiciones: 45% de minerales, 5% de materia orgánica, 25% de agua y 25% de aire o espacio poroso.

El tipo y la cantidad relativa de minerales, más los constituyentes orgánicos del suelo, determinan las propiedades químicas del suelo.

Los suelos aptos para cultivar tomate son los de media a mucha fertilidad, profundos y bien drenados, pudiendo ser franco-arenosos, arcillo-arenosos y orgánicos. El pH del suelo tiene que estar dentro de un rango de 6.0 – 7.2, para tener el mejor aprovechamiento de los fertilizantes que se apliquen.

3.1.5. Funciones generales de los elementos nutritivos

Los elementos carbono, oxígeno, hidrógeno y azufre son constituyentes de compuestos orgánicos básicos en el metabolismo de la planta.

A continuación examinaremos brevemente las funciones específicas de los más importantes elementos nutritivos:

3.1.5.1. Nitrógeno (N). El Nitrógeno es un constituyente de los más importantes compuestos y complejos orgánicos minerales de la planta. Es absorbida por la planta, tanto en forma nítrica (ión nitrato NO_3), como en forma amoniacal (ión amonio NH_4), siendo ambos metabolizados por la misma.

Resulta evidente, que la escasez en el abastecimiento de Nitrógeno a la planta, aunque sea ligera, tiene una notable incidencia en el desarrollo.

El síntoma característico es la clorosis generalizada de la planta, comenzando por las hojas viejas, dada la gran movilidad de este elemento dentro de la misma. En los casos graves, las plantas se marchitan y mueren (**Domínguez, 1989**).

Importante para la producción de follaje y de las ramas laterales, como desarrollo de los frutos. Su deficiencia se manifiesta con amarillamiento de las hojas más viejas que luego se generaliza en todo el follaje pudiendo llegar a defoliarse por completo. Los frutos se vuelven amarillos y pequeños se caen con facilidad. La mayor fuente de nitrógeno se encuentra en guano de isla, estiércol descompuesto, la gallinaza, harina de sangre el estiércol líquido, los orines y abonos verdes (**Figuerola, 1998**).

3.1.5.2. Fósforo (P). El fósforo se encuentra en la planta en forma de ortofosfato y, en algunos casos, como pirofosfato. La nutrición adecuada de fósforo tiene, entre otros, los siguientes efectos favorables: acelera la madurez, mejora la calidad de frutos, aumenta la resistencia a las enfermedades, etc. Sin embargo, la escasez de este elemento tiene una fuerte influencia en el desarrollo (**Domínguez, 1989**).

Se encarga de la formación del sistema de raíces y flores, así como el crecimiento y la maduración de los frutos. La deficiencia de fósforo se presenta generalmente en las hojas más viejas donde se observan manchas amarillas con coloraciones rojas, mientras que las hojas nuevas (las guías) muestran menor crecimiento. Las fuentes de fósforo son el guano de islas, el fosfato natural, las escorias básicas, los fosfatos minerales, harina de pescado y la harina de huesos (**Figuerola, 1998**).

3.1.5.3. Potasio (K). Ejerce una función muy importante como osmoregulador disuelto en el jugo celular. Su acumulación en la raíz crea un gradiente osmótico que permite el movimiento del agua en la planta, operando de igual modo en las hojas (**Domínguez, 1989**). Es requerido en grandes cantidades para el crecimiento de la planta y aun más para fructificación (frutos). Siendo este es que se encuentra en mayor proporción en el fruto.

En deficiencia del potasio se presenta pocas flores y un menor número de frutos maduros de las ramas. En casos severos las ramas comienzan a secarse por las puntas y las hojas se desprenden con facilidad hasta ocasionar muerte de la rama. Los frutos no completan su desarrollo se tornan marrones y terminan negros. Se encuentra en mayor proporción en la ceniza vegetal y en menor contenido en guano de isla (**Figuerola, 1998**).

3.1.5.4. Magnesio (Mg). El magnesio es un constituyente de la clorofila, por lo que una parte apreciable del contenido total en la planta se halla en los cloroplastos de las células de las hojas. Se observa que el nivel de magnesio es mayor cuando el nivel de potasio es bajo (**Domínguez, 1989**).

3.1.5.5. Valor nutricional del Tomate

El importante aporte nutricional del tomate para el consumo humano, se detalla a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 01: Valor Nutricional del tomate

Calorías		22,17 kcal.	
Grasa		0,21 g.	
Colesterol		0 mg.	
Sodio		9 mg.	
Carbohidratos		3,50 g.	
Fibra		1,40 g.	
Azúcares		3,39 g.	
Proteínas		0,88 g.	
Vitamina A	217 ug.	Vitamina C	26,60 mg.
Vitamina B12	0 ug.	Calcio	10,60 mg.
Hierro	0,70 mg.	Vitamina B3	0,90 mg.

Fuente: Wikipedia (2013)

3.2. ENFERMEDADES QUE ATACAN AL CULTIVO DEL TOMATE

Gaber, B.; Wiebe, W. (1997), reporta las siguientes enfermedades fungosas de importancia económica en el cultivo del tomate.

a) Tizón Temprano (*Alternaria solani*)

Generalmente el síntoma aparece en las hojas más viejas, pero cuando el daño es más grave aparece en los pecíolos y tallos. En la hoja aparecen manchas concéntricas redondas u ovaladas de color café. En el tallo, pecíolo, pedúnculo y fruto se forman manchas concéntricas poco hundidas, alrededor de la mancha aparece un halo amarillo. Cuando la infección es fuerte, las hojas de la parte baja de la planta mueren y no se producen frutos en estas áreas. Las condiciones de temperatura favorables para su desarrollo varían entre los 26 a 28 °C con clima seco.

b) Mancha Gris de la Hoja (*Stemphylium solani*)

Primero aparecen lesiones foliares pequeñas en forma de pecas negro-café, las cuales crecen tornándose café plumiza, lustrosas y angulares de alrededor de 3 mm de diámetro y se rodea de un área amarilla. Posteriormente las hojas se secan y producen un resquebrajamiento en el centro. Al desarrollarse muchas lesiones, se produce un amarillamiento de las hojas seguida por la caída de éstas y la defoliación de la planta. Los frutos y tallos no son afectados por este hongo. Generalmente las esporas de este hongo son propagadas por el viento y salpicaduras del agua, por los climas templados y húmedos favorecen el desarrollo de la enfermedad.

c) Mildiú polvoso (*Leveillula taurina*)

Los síntomas son lesiones que van de color verde pálido a amarillento brillante en la parte superior de las hojas. Posteriormente aparecen las esporulaciones polvorientas en la parte inferior de las hojas. A medida que avanza la enfermedad las lesiones se vuelven necróticas y la hoja muere. El hongo puede sobrevivir en muchos huéspedes y ser diseminado largas distancias por el viento.

d) Antracnosis (*Colletotrichum phomoides*)

Esta enfermedad afecta principalmente los frutos, pero puede atacar tallos, hojas y raíces. Aunque los frutos estén infectados cuando verdes, no presentan síntomas hasta que están maduros. Las lesiones primarias son circulares y profundas que se sumen con su anillo concéntrico, que se agudiza conforme se expanden. El centro de la lesión se vuelve color café claro y desencadena una serie de puntos negros. En climas húmedos en la superficie de la lesión se producen conidios, en una sustancia rosa, gelatinosa y mucosa. Este hongo es un patógeno débil, pero puede sobrevivir durante años en la tierra. La humedad y temperaturas de 10-30 °C favorecen el desarrollo de la enfermedad.

e) Esclerotiniosis (*Sclerotium rolfsii*)

Primero aparece una lesión color café oscura sobre la línea del suelo de la planta, el tejido del tallo se infecta rápidamente causando la caída y muerte de la planta. En plantas adultas la lesión rodea el tallo produciendo la marchites de la planta. Por lo general aparece un crecimiento micótico blanquizco que cubre la lesión y se produce un esclerosio bronceado de 1-2 mm de diámetro. El hongo puede vivir en el suelo y rastros por varios años. Se puede propagar en la superficie del agua, movimiento de suelos o equipo de cultivo contaminado. Temperatura y humedad alta favorecen el desarrollo de ésta.

La Torre (1999), reporta lo siguiente: La causa la muerte de las plántulas por estrangulamiento en la base del tallo, originada por lesiones de cualquiera de los 3 tipos de hongos que viven en el suelo (***Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Pythium***). Su aparición está condicionada por una excesiva humedad ambiental, provocada por el clima, mal manejo del riego, suelos con poco drenaje o siembras demasiado densas.

La traqueopitiosis es una enfermedad vascular de la lechuga (*Lactuca sativa* L), causada por el hongo *Pythium tracheiphilum*, ha sido diagnosticada en Asturias aunque no es muy frecuente. Los síntomas consisten en necrosis en la zona del cuello y del tallo que se extiende a las hojas interiores produciendo el oscurecimiento de los vasos en la zona del cuello y la muerte de la planta; la mezcla de metalaxil y mancozeb es eficaz para su control (ROJAS, M y RAMÍREZ, H. 1987)

f) *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lactucae*

Produce el marchitamiento de las plantas de lechuga, el hongo invade las plantas por las raíces, crece en el xilema de plantas, se transporta por el agua y los nutrientes de las raíces al follaje el xilema se obstruye, la planta se marchita y muere. Las plantas más viejas pueden sobrevivir, pero a menudo con retraso en el crecimiento, las plantas infectadas suelen mostrar decoloración rojiza en la corteza del tallo principal (Matheron 2008).

3.3. LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES

Arismendi (2010). Menciona que, la Tecnología de los Microorganismos Eficientes, fue desarrollada por Teruo Higa, profesor de horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón. A comienzos de los años sesenta, el Profesor Higa comenzó la búsqueda de una alternativa que reemplazara los fertilizantes y plaguicidas sintéticos y en los últimos años ha incursionado en su uso en procesos de compostaje, tratamiento de aguas residuales, ganadería y para el uso en la limpieza del hogar. Estudiando las funciones individuales de diferentes microorganismos, Higa encontró que el éxito de su efecto potenciador estaba en su mezcla; por esto se dice que los microorganismos eficientes (ME) trabajan en sinergia, ya que la suma de los tres tiene mayor efecto que cada uno por separado.

Los ME están compuesto por bacterias fotosintéticas o fototróficas (*Rhodopseudomonas spp*), bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus spp*) y levaduras (*Saccharomyces spp*).

Teruo y James (1996), también mencionan que, cada una de las especies contenidas en los ME (Bacterias Fotosintéticas, Acido Lácticas, Levaduras, Actinomicetes y hongos de Fermentación) tiene su propia e importante función. Sin embargo podríamos decir que la bacteria fotosintética es el pivot de la tecnología ME, pues soportan las actividades de los otros microorganismos. Por otro lado utilizan para sí mismas varias sustancias producidas por otros microorganismos. Este es el fenómeno que llamamos coexistencia y coprosperidad. Durante este proceso ellos segregan también sustancias y proveen aminoácidos, ácidos nucleicos, y una gran cantidad de vitaminas y hormonas a las plantas. Por esta razón en estos suelos los microorganismos eficientes y otras bacterias benéficas coexisten a nivel de la Rizosfera (área de las raíces) en un estado de simbiosis con las plantas.

3.3.1. Microorganismos presentes

HIGA (2003) expresa que, los hongos, las bacterias, los Actinomicetos y la levadura se encuentran en todos los ecosistemas, utilizados ampliamente en el sector alimenticio y esta especie desempeña papel vital en agricultura para mantener y también para realzar la productividad, mientras más completo sea el complejo de microorganismos benéficos mejor papel desempeñará en la biotransformación de la materia orgánica.

a. Bacterias fototróficas

Las bacterias fotosintéticas son microorganismos autosuficientes e independientes. Ellas sintetizan las sustancias útiles producidas por la secreción de las raíces, materia orgánica y/o gases perjudiciales (como el sulfuro de hidrógeno) utilizando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Las sustancias benéficas está compuestas por aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, todas las cuales ayudan al crecimiento y desarrollo de las plantas.

Estos metabolitos son absorbidos directamente por las plantas actuando también como sustratos para el desarrollo de las bacterias.

Al crecer las bacterias fotosintéticas en los suelos aumentan la cantidad de otros microorganismos eficaces.

Bacterias Fotosintéticas:

- *Rhodopseudomonas palustris*
- *Rhodobacter sphaeroides* (aka *R. spheroides*)
- *Rhodobacter capsulatus*

b. Bacterias ácido lácticas

HIGA (2003), Estas bacterias producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras.

El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de la materia orgánica. Así mismo, las bacterias ácido lácticas aumentan la fragmentación de materia orgánica como la lignina y celulosa, fermentando estos materiales sin causar influencias negativas en la descomposición del resto de la fracción orgánica.

La bacteria ácido láctica tiene la habilidad de suprimir la propagación del *fusarium* (microorganismo patógeno que produce problemas de enfermedades en los cultivos). Generalmente el incremento en las poblaciones de *fusarium* debilita las plantas. A su vez esta condición de debilidad produce el incremento en las poblaciones de nematodos.

La presencia de éstos nematodos, a medida que las bacterias ácido lácticas actúan suprimiendo los *fusarium*, disminuye progresivamente hasta desaparecer

Bacterias del ácido láctico:

- ***Lactobacillus plantarum***
- ***Lactobacillus casei***
- ***Lactobacillus fermentum***
- ***Lactobacillus salivarius***

c. **Levaduras****SANZ (2007)**, Las levaduras sintetiza y utilizan las sustancias antimicrobianas que intervienen en el crecimiento de las plantas, a partir de los aminoácidos y azúcares producidos por las bacterias fotosintéticas, así como las de la materia orgánica y de las raíces de las plantas. Las sustancias bioactivas, tales como hormonas y enzimas producidas por las levaduras incrementan la actividad celular y el número de raíces. Sus secreciones son substratos útiles para ciertos microorganismos efectivos, tales como las bacterias ácido lácticas y los Actinomycetes.

Levaduras:

- ***Streptomyces albus, Streptomyces griseus***

d. Actinomycetes

EARTH (2009), Los actinomicetos o actinobacterias son una categoría de bacterias. Tienen una estructura intermedia entre las bacterias y los hongos, y contienen varias de las formas más características de la vida en la Tierra. Generalmente, los actinomicetos están en la tierra y desempeñan una función ecológica esencial en la descomposición de la materia orgánica, reciclando las reservas de nutrientes en la tierra y creando el humus. A partir de los azúcares y aminoácidos que producen las bacterias fotosintéticas y la materia orgánica, los actinomicetos generan sustancias antimicrobianas que pueden eliminar hongos perjudiciales y microorganismos patógenos. Los actinomicetos y las bacterias fotosintéticas pueden coexistir, de modo que las dos especies juntas aumentan la actividad microbiana, regenerando la calidad de la tierra.

- ***Aspergillus oryzae, Mucor hiemalis***

e. Hongos la fermentación:

Los hongos de fermentación, como el *Aspergillus* y la *Penicilina*, son capaces de descomponer rápidamente la materia orgánica, produciendo esterres, alcohol y sustancias antimicrobianas. Este proceso genera la desodorización y evita la aparición de gusanos e insectos nocivos.

3.3.2. Aplicación de microorganismos eficientes para la agricultura

HIGA (2003), los Microorganismos Eficientes (ME) son una Tecnología ecológica adecuada y completamente inofensiva, puesto que se elabora únicamente con microorganismos existentes en la naturaleza que desempeñan funciones favorables para la salud de los ecosistemas y seres vivos sin que haya ninguna manipulación genética en su preparación. La seguridad de esta tecnología y sus aplicaciones ha sido constatada por numerosos institutos de investigación internacionales.

La sorprendente eficacia de esta tecnología reside en la mezcla biológica artificial de microorganismos aeróbicos y anaeróbicos, ya que esta combinación no se da en la naturaleza, de manera que, al unirse adquieren una potente capacidad que regenera los desequilibrios existentes en ecosistemas y organismos; capacidad que, sin embargo, estos microorganismos no tienen por sí solos.

Estos microorganismos efectivos actúan complementándose unos con otros: En contacto con la materia orgánica, los ME generan un campo de resonancia que ordena dicha materia, segregando simultáneamente sustancias beneficiosas como ácidos orgánicos, antioxidantes, minerales y vitaminas. El resultado es que limpian el medio de elementos tóxicos y gérmenes patógenos, puesto que se alimentan de estos, transformando los residuos en antioxidantes beneficiosos para ecosistemas y organismos.

Entre los efectos sobre el desarrollo de los cultivos se pueden encontrar:

a. En Semilleros:

- ❖ Aumento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal, similar al del ácido giberélico.
- ❖ Incremento de las probabilidades de supervivencia de las plántulas.
- ❖ Aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas, por su efecto como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal.

b. En las plantas:

- ❖ Genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades.
- ❖ Consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades.
- ❖ Incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos.
- ❖ Promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas.
- ❖ Incrementa la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar.

c. En los suelos:

Los efectos de los microorganismos en el suelo, están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas, químicas, biológicas y supresión de enfermedades. Así pues entre sus efectos se pueden mencionar:

- ❖ Efectos en las condiciones físicas del suelo: Acondicionador, mejora la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduce su compactación, incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua. De esta manera se disminuye la frecuencia de riego, tornando los suelos capaces de absorber 24 veces más las aguas lluvias, evitando la erosión, por el arrastre de las partículas.
- ❖ Efectos en las condiciones químicas del suelo: Mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo, solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radical.
- ❖ Efectos en la microbiología del suelo: Suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo, por competencia. Incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen.

Entre otros efectos se puede mencionar:

- ❖ Promueve la transformación aeróbica de compuestos orgánicos, evitando la descomposición de la materia orgánica por oxidación en la que se liberan gases generadores de olores molestos (sulfurosos, amoniacales y mercaptanos).
- ❖ Evita la proliferación de insectos vectores, como moscas, ya que estas no encuentran un medio adecuado para su desarrollo.
- ❖ Incrementa la eficiencia de la materia orgánica como fertilizante. Durante el proceso de fermentación se liberan y sintetizan sustancias y compuestos como: aminoácidos, enzimas, vitaminas, sustancias bioactivas, hormonas y minerales solubles, que al ser incorporados al suelo a través del abono orgánico, mejoran sus características físicas, químicas y microbiológicas.

3.3.3. Degradación de la celulosa

LEONOR CARRILLO (2003) La celulosa es el componente básico de los vegetales y consta de unidades de β -D- glucopiranosas reunidas por enlaces 1,4-glicosídicos. La molécula de celulosa tiene regiones cristalinas alternadas con zonas amorfas. La insolubilidad de la celulosa y su alta resistencia mecánica se debe a la presencia de puentes de hidrógeno inter e intramoleculares y a fuerzas de Van der Waals. Los aportes de celulosa al suelo varían mucho con la región, el clima y los cultivos.

La celulólisis es catalizada por un sistema constituido por tres enzimas:

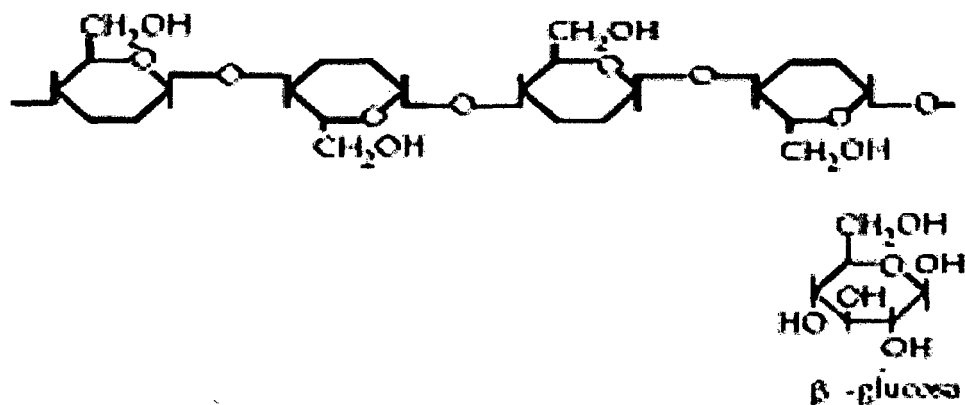
- endo- β -1,4-glucanasa que ataca los enlaces β -1,4 en las regiones amorfas internas de la macromolécula dando largos fragmentos solubles (oligosacáridos),
- exo- β -1,4 -glucanasa que separa el disacárido celobiosa desde los extremos de la molécula,
- β -glucosidasa que hidroliza la celobiosa con formación de glucosa.

La hidrólisis de la celulosa intacta se cumple mejor cuando estas tres enzimas operan al unísono, como ocurre en el celulosoma de *Clostridium thermocellum* que se encuentra entre la célula y el sustrato al cual hidroliza. El celulosoma está constituido por nueve sitios polipeptídicos de adhesión a la molécula de celulosa, unidos a segmentos duplicados que a su vez se unen a otro polipéptido sobresaliente de la capa S en la pared celular.

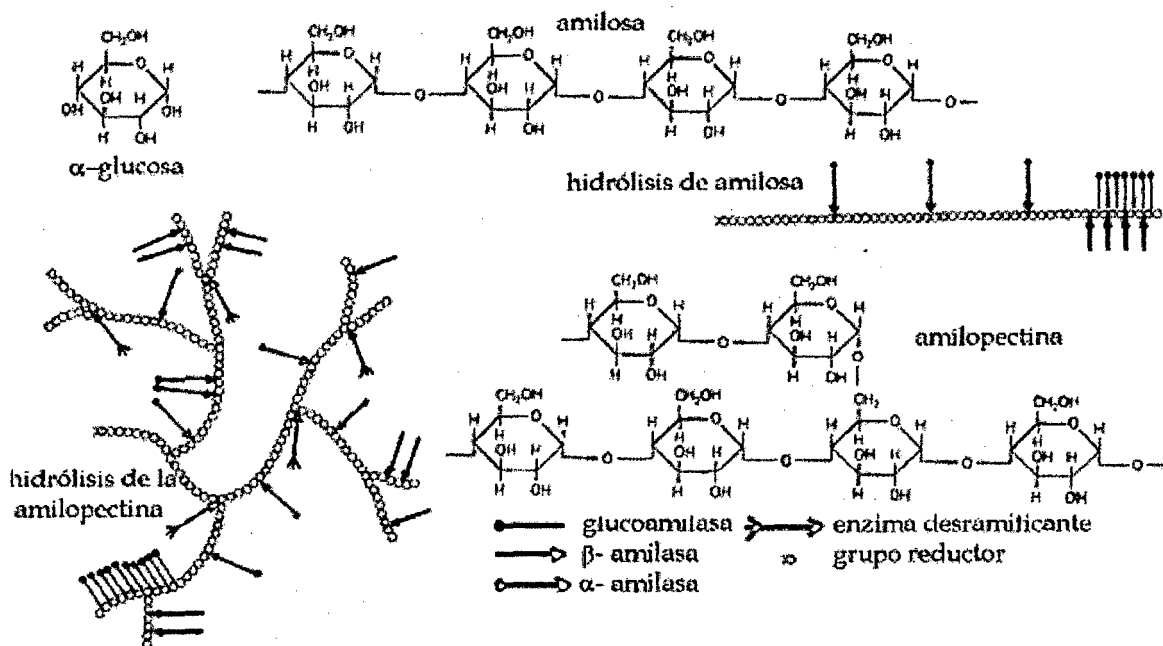
En los suelos bien aireados la celulosa es degradada y utilizada por varios microorganismos aerobios (hongos, mixobacterias y otras eubacterias).

Los hongos tienen más éxito que las bacterias durante la celulólisis en los suelos ácidos o en la madera (lignocelulosa). Excretan celulasas que pueden ser aisladas del medio de cultivo así como del micelio. Las bacterias deslizantes y las mixobacterias no excretan celulasas al medio, pero se adhieren a las fibras de celulosa para digerirlas. En los ambientes

anaeróbicos la celulosa es degradada por eubacterias meso y termofílicas, por ejemplo *Clostridium thermocellum*. Esta bacteria crece en un medio mineral con celulosa pero no con glucosa. La digestión de la celulosa por diversas bacterias está acompañada de la secreción de una sustancia carotenoide amarilla que sirve como indicador de la hidrólisis.



3.3.4. Degradación de almidón



El almidón es el material de reserva que predomina en las plantas y comúnmente se presenta en gránulos con una típica estructura en capas. Está compuesto de dos glucanos: amilosa y amilopectina. La amilosa es soluble en agua caliente y se tiñe de azul con una solución acuosa de yodo. Consiste de una cadena helicoidal no ramificada de unas 200 - 500 unidades de D -glucosa con enlaces 1,4 - β - glicosídicos. La amilopectina se hincha en agua caliente dando una pasta y toma un color pardo violáceo con yodo.

Es también un polímero 1,4- α -D-glucosa que, como el glicógeno, está ramificado por enlaces 1,6- α -glucosídicos aproximadamente cada 25 unidades de glucosa (8). Los almidones de distinto origen difieren mucho en su ramificación, el número de unidades por cadena y los residuos fosfato e iones calcio y magnesio que los acompañan.

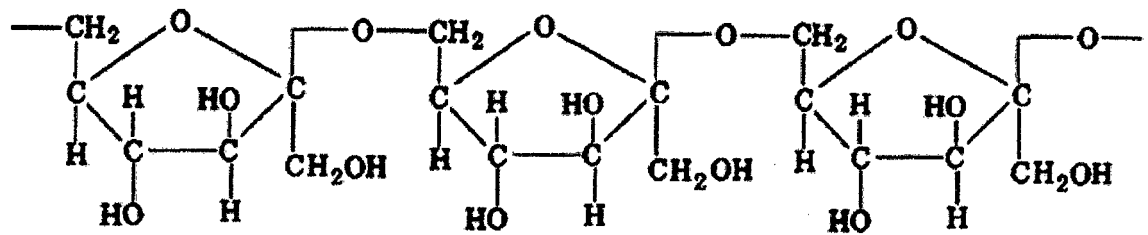
Hay tres tipos de descomposición enzimática de los glucanos: fosforólisis, hidrólisis y transglicosilación. La fosforólisis por la intracelularmente. La transglicosilación es la formación de ciclodextrinas con 6-8 unidades de glucosa a partir del almidón, por acción de *Bacillus macerans* y otros (4). El ataque extracelular del almidón es debido a la acción hidrolítica de las amilasas, según se observa en el esquema de la figura.

La α -amilasa ataca los enlaces 1,4- α -glicosídicos aún en el centro de la cadena, por lo que se la conoce como endoamilasa, produciendo glucosa, maltosa y oligómeros de 3 a 7 unidades. Está presente en plantas, animales y microorganismos. La viscosidad de la solución de almidón y el color de su reacción con yodo se reducen rápidamente durante la hidrólisis. Producen amilasas muchos hongos del suelo así como bacterias de los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Streptomyces* entre otras.

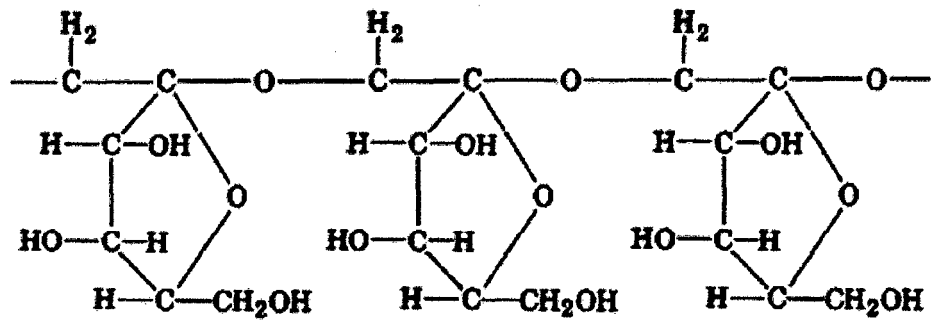
La β -amilasa, presente en plantas y bacterias, también degrada los enlaces 1,4- β - glucosídicos pero comienza su acción por el extremo libre no reductor del almidón, liberando maltosa mientras continúa el color frente al yodo. La hidrólisis se detiene en los puntos de ramificación de la amilopectina y el residuo se conoce como dextrina límite (6).

La pululanasa o isoamilasa hidroliza los enlaces 1,6-β-glicosídicos quitando las ramas de la amilopectina o las dextrinas. La maltasa hidroliza la maltosa a glucosa

(3). Si estas enzimas acompañan a las anteriores se logra una degradación total del almidón.



levano de gramíneas



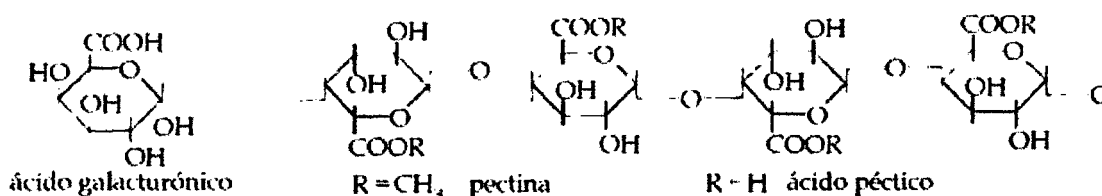
inulina

Las amilasas son inducibles, pero su producción depende del tipo de almidón empleado. Las β-amilasas de *Bacillus stearothermophilus* y *B. licheniformis* son termoestables así como las excretadas por algunos clostridios termófilos, los que también excretan pululanasa (4).

La actividad amilolítica varía a veces con el tipo de vegetación, la humedad y las características del suelo. El almidón es degradado por clostridios fijadores de nitrógeno en los suelos anegados, a los que recientemente se incorporó material vegetal rico en polisacáridos (3).

3.3.5. Degradación de pectinas

Las pectinas son sustancias intercelulares de los tejidos de plantas jóvenes y abundantes en las frutas. Están constituidas por cadenas no ramificadas de ácido D-galacturónico con enlaces 1,4- α -glucosídicos, parcial o completamente esterificadas con metanol (4), como se presenta en la figura 10. En las pectinas insolubles (protopectina) las cadenas están entrecruzadas por cationes Ca^{++} y Mg^{++} unidos a los grupos carboxilos (3).



La degradación microbiológica de las pectinas es llevada a cabo por esterases y despolimerasas. La pectinesterasa hidroliza los ésteres y libera metanol. La poligalacturonasa hidroliza las uniones glucosídicas de los ácidos poligalacturónicos residuales (coloidales o solubles), produciendo monómeros y oligómeros del ácido D- galacturónico. La polimetilgalacturonasa hidroliza los enlaces glucosídicos de las pectinas (1). Las enzimas que fragmentan las cadenas por transferencia de protones generando desoxiácidos (transeliminación) se denominan pectinliasa o pectatoliasa según actúen sobre pectinas o ácidos pécticos. Alrededor del 1-10% de los microorganismos del suelo hidrolizan las pectinas, estimulados por el sustrato (3). La fitopatogenicidad de algunos microorganismos (*Erwinia*, *Botrytis*, *Fusarium*) es debida a la capacidad de excretar "pectinasas". Los microorganismos que descomponen pectinas intervienen en el enriado de lino y cáñamo, liberando los haces de fibras de celulosa del tejido vegetal. Los hongos intervienen en el proceso aerobio mientras en el anaerobio intervienen bacterias butíricas como *Clostridium*

pectinovorum (4). Las bacterias anaeróbicas pectinolíticas son más abundantes en los suelos anegados y en los abonados con estiércol (1).

3.3.6. Degradación de quitina

La quitina le sigue a la celulosa en abundancia. Forma parte del exoesqueleto de artrópodos y de la pared celular de hongos filamentosos. Está constituida por unidades de N-acetil-glucosamina con enlaces β -1,4-glicosídicos. La degradación por la quitinasa produce poca N-acetil-glucosamina y predominan los oligómeros (quitobiosa, quitotriosa). Los oligómeros son convertidos en monómero por la β -N-acetil-glucosaminidasa. La quitin-desacetilasa transforma la quitina en quitosano y acetato por hidrólisis de los grupos acetamida (10). Un gran número de bacterias y actinomicetos pueden hidrolizar quitina. Entre los hongos con tal propiedad se encuentran Mucor y algunos Aspergillus (4). La síntesis de quitinasas es inducida en las plantas por los agentes patógenos. La figura 11 muestra fibrillas de quitina obtenidas de la pared fúngica.

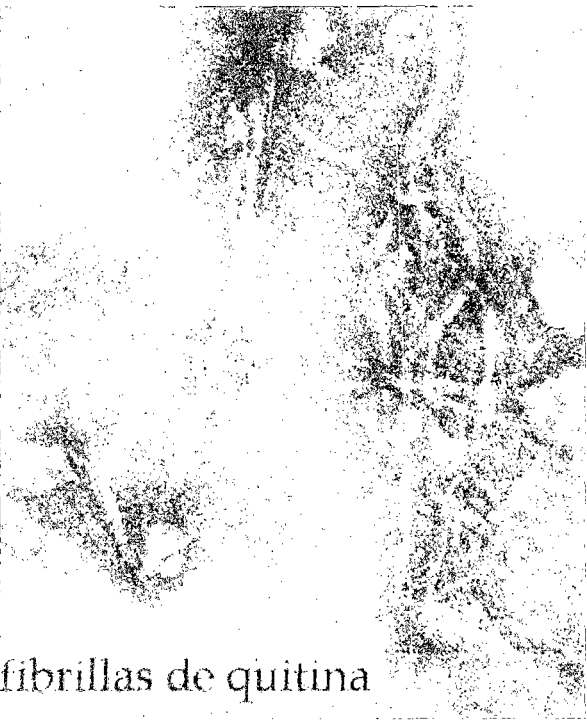
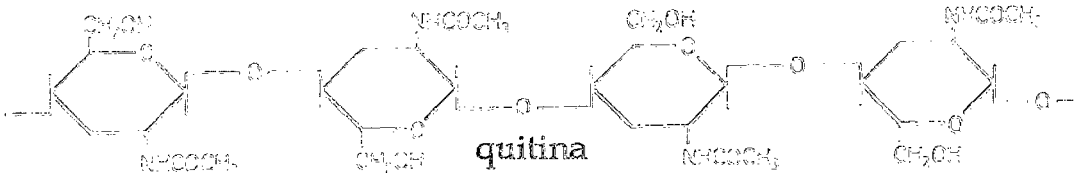
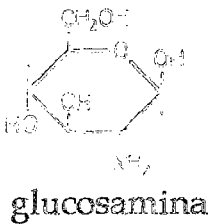


Figura 3-11. Fibrillas de quitina obtenida de hongos y fórmulas (1, 10)



3.3.7. Degradación de lignina

El contenido en lignina del tejido leñoso varía entre 18 y 30% del peso seco. Está ubicada en la lámina secundaria de las paredes celulares y es el componente de las plantas degradado más lentamente. No es químicamente uniforme y tiene una estructura muy compleja (3).

Los monómeros son todos derivados del fenilpropano, principalmente alcohol coniferilo. La complejidad resulta del gran número de diferentes enlaces que unen a los monómeros. Las diferencias en la composición de la ligninas se manifiestan en el contenido de grupos metoxi: 21% en árboles de hojas caducas, 16% en abeto, 14% en gramíneas (4). Las unidades fenilpropano están entrecruzadas por múltiples enlaces éter y C-C, que son extremadamente resistentes al ataque enzimático. La lignina es un producto final inerte del metabolismo vegetal y solamente es degradada por microorganismos (1).

Dos grupos de hongos se distinguen entre los destructores de madera: los que causan la podredumbre parda que degradan celulosa y hemicelulosas dejando la lignina como residuo y los que provocan la podredumbre blanca que degradan lignina. Entre estos últimos se encuentran *Stereum*, *Phanerochaete*, *Ganoderma*, *Polyporus*, *Xylaria* (3).

La degradación de lignina ocurre en presencia de oxígeno y glucosa. El sistema enzimático contiene peroxidasas que catalizan la ruptura oxidativa de los enlaces β -O-4 éter y los C-C de la lignina y requieren H_2O_2 proveniente de la oxidación por la glucosa -oxidasa. La formación de peroxidasas es promovida por la limitación de nitrógeno y la descomposición de la lignina parece tener como principal objetivo el acceso a los componentes nitrogenados de la madera. Sobre los compuestos fenólicos de bajo peso molecular liberados actúan luego las fenoloxidasas (4). En la figura 12 se observa un esquema simplificado de la lignina, mientras que la figura muestra las velocidades de la descomposición de algunos componentes del mantillo.

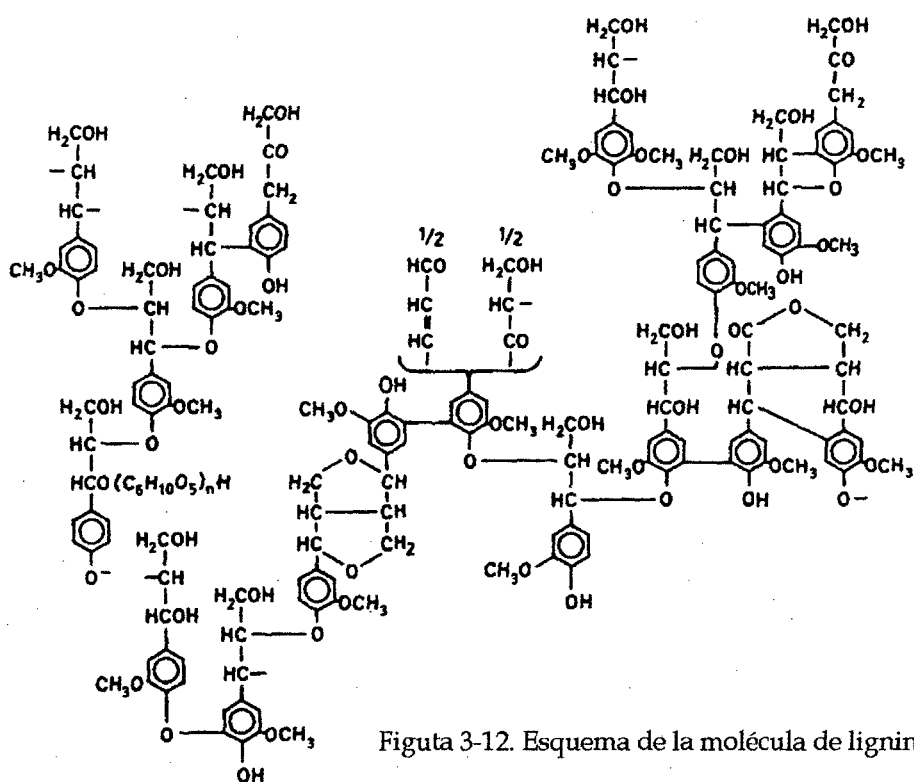


Figura 3-12. Esquema de la molécula de lignina (3)

3.3.8. Degradación de lípidos

De 1,2 a 6,3% de la materia orgánica del suelo se encuentra como grasas, ceras y resinas, aunque los valores pueden ser mayores en suelos forestales y turba. Los fosfolípidos constituyen el 1-5% de los compuestos fosforados del suelo y son de origen microbiano. La fracción hidrófoba de las gramíneas es de unos 2% de la materia seca, pero es más abundante en ciertos microorganismos que contienen más de 10%. Algunos de los componentes de los lípidos son fitotóxicos, mientras que otros (vitaminas) estimulan el crecimiento de las plantas (5).

Por otra parte, ceras y materiales similares son los responsables de la condición de ciertas arenas. Numerosos microorganismos telúricos, entre ellos *Aspergillus* y *Penicillium*, sintetizan sustancias lipídicas que contribuyen a la estabilidad estructural del suelo. Los lodos de aguas residuales digeridas anaeróbicamente, que suelen agregarse al suelo, contienen 19,1-19,8% de grasas, aceites y ceras (5).

Numerosos microorganismos del suelo producen lipasas, capaces de hidrolizar los glicéridos dando glicerol y ácidos grasos, así como fosfolipasas. El catabolismo posterior de los ácidos grasos se lleva a cabo por una serie de β -oxidaciones, pero en el suelo esta degradación es lenta y limitada. La figura 14 da un esquema de la hidrólisis de un triacilglicérido.

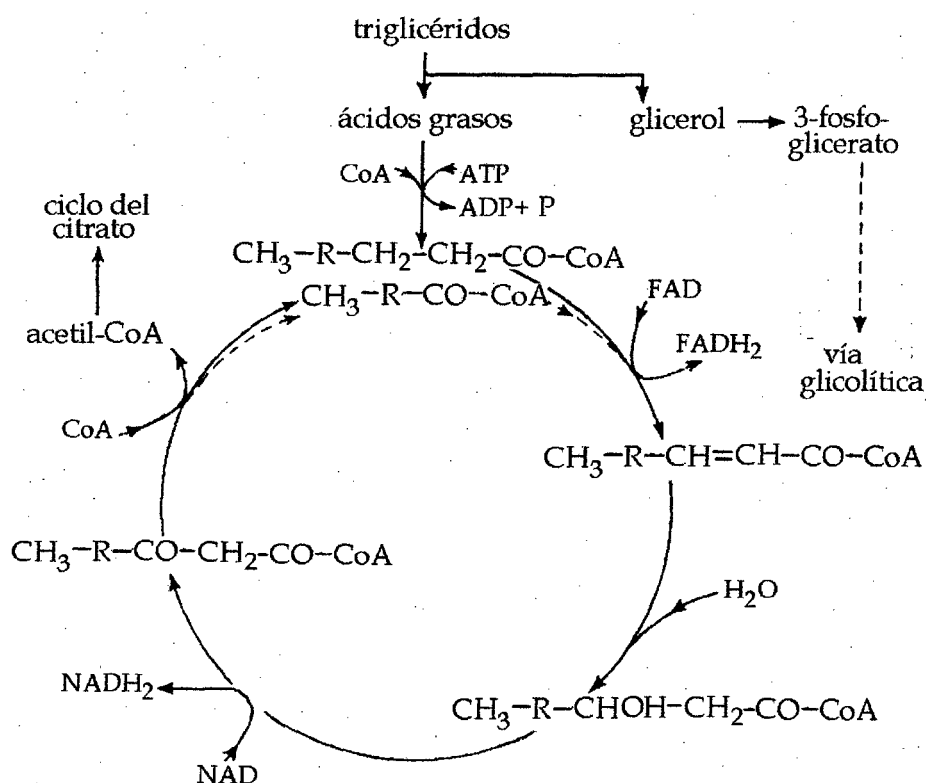


Figura 3-14. Degradación de triglicéridos (14)

Muchas levaduras de la filosfera degradan las ceras de la epidermis vegetal, también mohos tales como *Penicillium* y *Mucorales*, y algunas bacterias (1).

3.3.9. Degradación de proteínas

Las proteínas están constituidas por una o varias cadenas polipeptídicas donde los β -aminoácidos están unidos por enlaces amida. Las proteínas conjugadas tienen además otros componentes: nucleótidos, lípidos, glúcidos, cationes metálicos o grupo hemo. Los catalizadores biológicos (enzimas) son también proteínas. Antes que las proteínas puedan

incorporarse a las rutas catabólicas deben experimentar hidrólisis completa hasta transformarse en aminoácidos, ya que las moléculas proteicas intactas y la mayoría de los péptidos no pueden atravesar la membrana citoplasmática, mientras que los aminoácidos libres son absorbidos fácilmente (6).

Las proteasas excretadas por los microorganismos producen aminoácidos y oligopéptidos al hidrolizar de las uniones peptídicas. Los péptidos son hidrolizados por las exo- y endo-peptidasas. Las exopeptidasas se dividen en dos grupos: las que comienzan su acción por el enlace peptídico adyacente al grupo amino terminal y las que lo hacen por el cercano al carboxilo terminal. Las otras hidrolizan los enlaces del interior de la cadena y son muy específicas, como por ejemplo la acción hidrolítica de la tripsina usada en la producción de peptonas, ocurre solamente si el aminoácido que aporta el grupo carboxilo en la unión peptídica es lisina o arginina figura 15 muestra la hidrólisis de la unión peptídica.

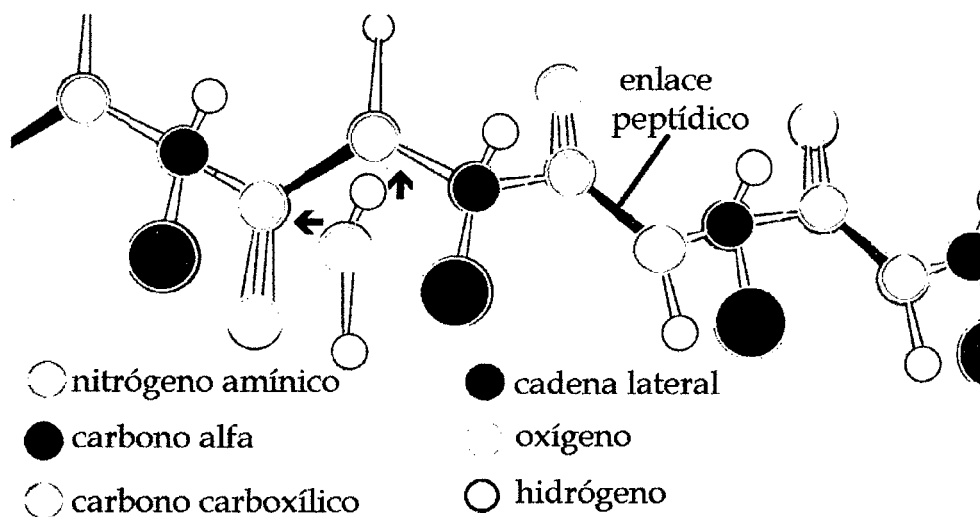


Figura 3-15. Hidrólisis del enlace peptídico (11)

Las proteínas de los organismos muertos son descompuestas por un gran número de hongos y bacterias. Las bacterias termofílicas producen proteasas termoestables. Algunas proteasas extracelulares actúan como toxinas, mientras que ciertos polipéptidos bacterianos son antibióticos. La degradación de proteínas en el suelo va seguida de la formación de amonio por la posterior descomposición de los aminoácidos (6).

3.4. METABOLISMO PRODUCTOR DE ENERGÍA

Para su crecimiento y multiplicación, los micro -organismos llevan a cabo diversos procesos metabólicos, destinados a obtener energía y nuevo material celular. Los microorganismos fotosintéticos son capaces de utilizar la energía de la luz para convertir el CO₂, junto con el hidrógeno del H₂O (cianobacterias, algas) o el HS (bacterias), en materia orgánica celular. Los autotróficos también fijan el CO₂ pero con una fuente química de energía. Los microorganismos heterotróficos necesitan substratos orgánicos para desarrollarse.

Los microorganismos pueden dividirse, de acuerdo con sus necesidades ambientales, en tres grupos. Se encuadran en el primero los aeróbicos estrictos, que únicamente pueden respirar y crecer en presencia de oxígeno atmosférico. En el segundo grupo se hallan los anaeróbicos estrictos, que no sólo fermentan y crecen en ausencia de oxígeno libre, sino que requieren su eliminación, por serles perjudicial. En el tercer grupo están los organismos facultativos, capaces de crecer en presencia o en ausencia de oxígeno, que pueden subdividirse en dos grupos según puedan cambiar su metabolismo aeróbico (respiración) en anaeróbico (fermentación) adaptándose al ambiente donde se hallan, o bien son únicamente fermentadores que toleran el oxígeno (aerotolerantes) (6).

Dentro de los aeróbicos estrictos están muchas bacterias y casi todos los mohos y las actinobacterias. Los anaerobios estrictos están representados por miembros del género bacteriano *Clostridium*, por ejemplo *C. pasteurianum* que es un fijador de nitrógeno. Las levaduras y las bacterias coliformes, que pueden respirar o fermentar ciertos substratos, son organismos facultativos. Las bacterias lácticas pertenecen al grupo que obtiene su energía exclusivamente de la fermentación y no sufren lesión por parte de una reducida presión parcial de oxígeno.

El metabolismo anaeróbico es siempre menos eficiente que la respiración, ya que la fermentación no aprovecha toda la energía del substrato orgánico (por ejemplo, un azúcar) para la producción del combustible universal de la célula (el ATP) ni, por tanto, para la síntesis de material celular. Las células excretan el producto de degradación que, a su vez, podría ser oxidado ulteriormente a CO_2 y H_2O . Pero, los productos de la fermentación, tales como el etanol liberado por levaduras, no pueden ser metabolizados, en condiciones anaeróbicas, por el organismo que los produce. El crecimiento aeróbico, por otra parte, capacita a algunos organismos para oxidar completamente una cierta fracción del substrato y extraer así la máxima energía para convertir el resto del substrato en masa celular. Si el objetivo del cultivo microbiano es aumentar la biomasa, por ejemplo en la producción de levadura de panadería, resulta una ventaja obvia tener un crecimiento aeróbico con utilización completa del substrato por respiración (13).

3.5. FERMENTACIONES

Las rutas bioquímicas de la fermentación varían mucho. Por ejemplo, las levaduras pueden fermentar una molécula de un monosacárido de seis carbonos, como la glucosa o la fructosa, produciendo dos moléculas de etanol y dos de CO_2 . Pero, para las bacterias, se pueden agrupar esas vías en dos tipos generales: homofermentativos (un producto principal) o heterofermentativos (dos o más productos). Los productos de la fermentación no pueden ser metabolizados, en condiciones anaeróbicas, por el organismo que los produce. En las fermentaciones el ATP se produce por fosforilación a nivel de substrato, pues se sintetiza durante el catabolismo de un compuesto y en pasos enzimáticos concretos, pero requiere que la fuente genere un intermediario de alta energía (6).

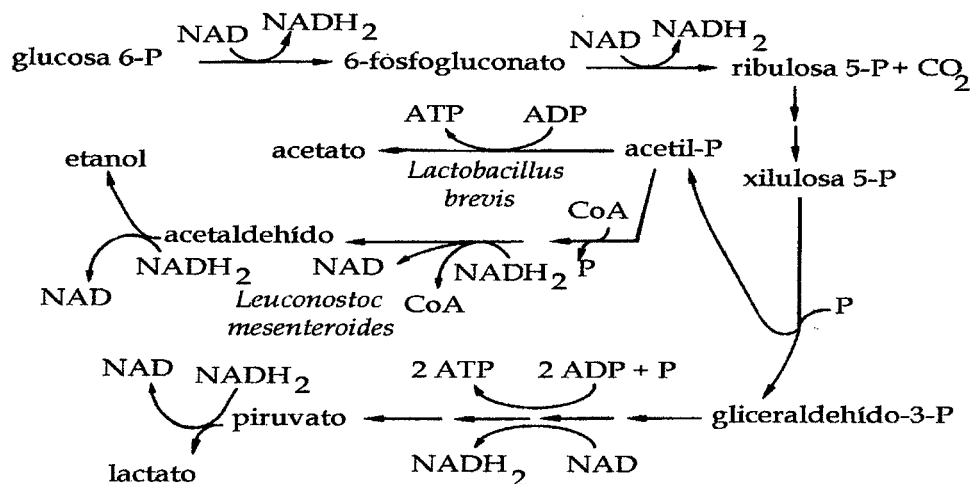


Figura 3-23. Fermentación heteroláctica (4)

3.5.1. Fermentaciones lácticas

Las lactobacterias llevan a cabo este tipo de fermentación en presencia o ausencia de aire, aunque prefieren concentraciones reducidas de oxígeno. En cambio las enterobacterias sólo producen ácido láctico en condiciones anaeróbicas. El ambiente natural de lactobacterias es la leche y los lugares donde es procesada (*delbrueckii* var. *bulgaricus*, *Lactococcus lactis*), la superficie de plantas intactas o podridas (*Lactobacillus plantarum*, *L. delbrueckii*, *Leuconostoc mesenteroides*), el tracto intestinal y las mucosas de animales y humanos (*Lactobacillus acidophilus*, *Enterococcus faecalis*). Por tal motivo suele encontrarse cultivos puros naturales, como en algunos productos lácteos, material ensilado, chucrut (14). Las bacterias homofermentativas (por ejemplo *Lactobacillus casei*) producen lactato puro o casi puro, metabolizando la glucosa por vía de la fructosa-difosfato y reduciendo el piruvato a lactato. Según las especies se forma D (-), L (+) o DL-lactato. Las bacterias heterofermentativas (*Lactobacillus brevis*) degradan la glucosa al comienzo por la vía de las pentosas y luego transforman el acetil-P en etanol o acetato y el piruvato en lactato (6). La figura 23 muestra un esquema de la fermentación heteroláctica.

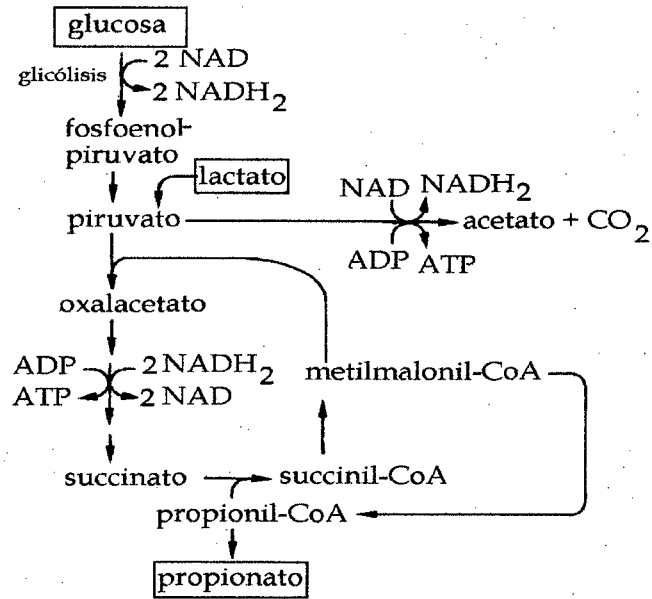


Figura 3-24. Fermentación por *Propionibacterium* (6)

La fermentación láctica permite la conservación de los forrajes pues las lactobacterias ácido- tolerantes *Lactobacillus* desarrollan en cultivo prácticamente puro en el material ensilado, en especial si fué previamente acidificado. Las lactobacterias son imprescindibles en la industria lechera como productores de ácido en la coagulación de la caseína para ciertos quesos, y aroma por la formación de diacetilo en algunas especies. También se emplean lactobacterias en la producción de salames pues la acidificación contribuye a la conservación de estos embutidos (4).

3.6. RESPIRACIÓN ANAERÓBICA

Es una variación de la respiración en la que los aceptores de electrones utilizados son diferentes al oxígeno, e incluyen nitrato, ión férrico, sulfato, carbonato y ciertos compuestos orgánicos. La figura 28 muestra los contrastes entre la respiración aeróbica y la anaeróbica. Los productos de la respiración anaeróbica son fácilmente detectados: las burbujas de N_2 , NO_2 , CH_4 (inflamable); el olor de H_2S ; la formación de óxido de hierro diamagnético (2).

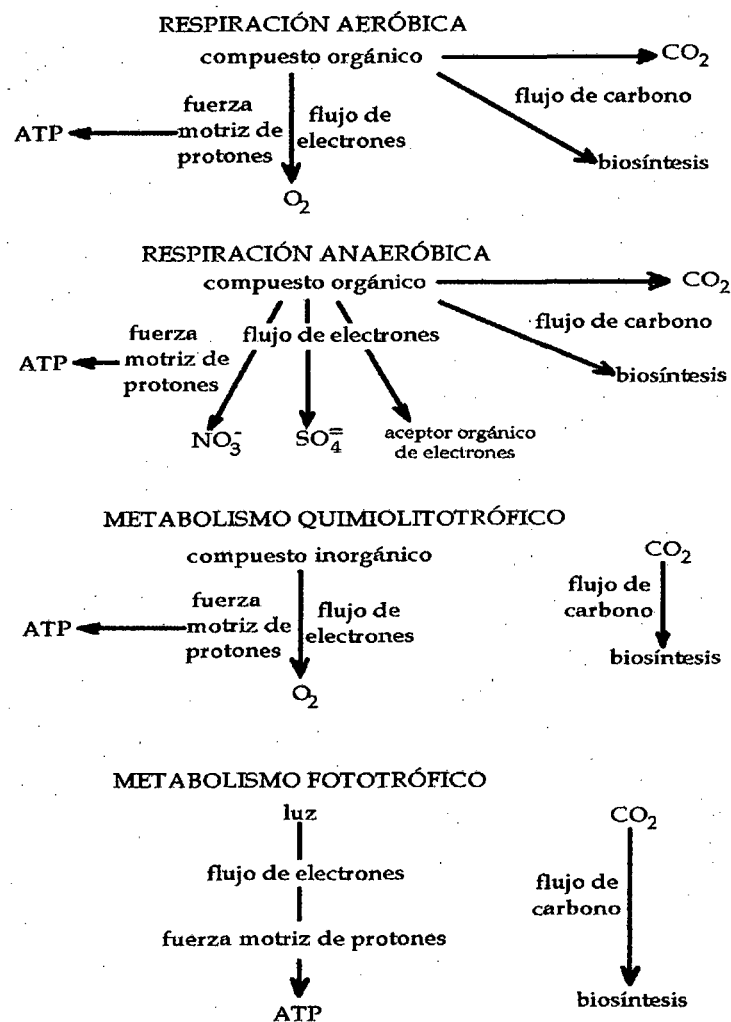


Figura 3-28. Flujo de carbono y energía en distintos tipos de metabolismo microbiano (6)

3.6.1. Desnitrificación

La desnitrificación transitoria y localizada en los suelos consiste en la reducción anaeróbica del nitrato a compuestos volátiles (N_2 , N_2O , NO). Es producida por bacterias que respiran y solamente pueden crecer anaeróbicamente en presencia de nitrato, por ejemplo *Pseudomonas fluorescens*, *licheniformis*, *Paracoccus denitrificans* y *Thiobacillus denitrificans*. Ocurre con frecuencia en los suelos a negados, especialmente cuando se aplicaron juntos fertilizantes orgánicos y nitrato. No se observa este proceso en mohos ni actinomicetos. La figura 29 expone la velocidad relativa de la desnitrificación según la cantidad de agua que ocupa los poros del suelo y la figura 30 muestra un esquema del ciclo del nitrógeno.

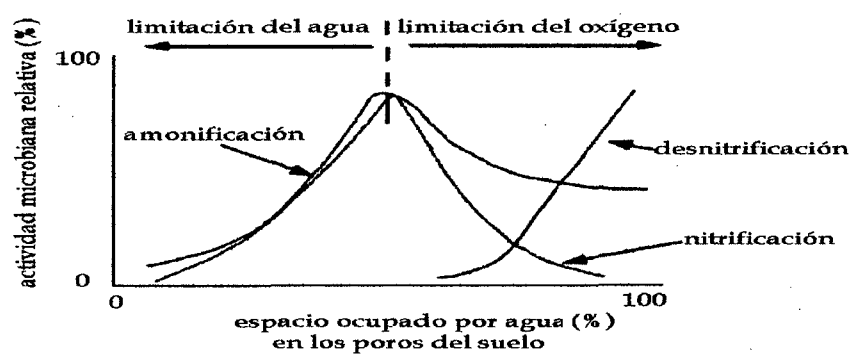


Figura 3-29. Actividad relativa de algunos microorganismos del ciclo del nitrógeno (2)

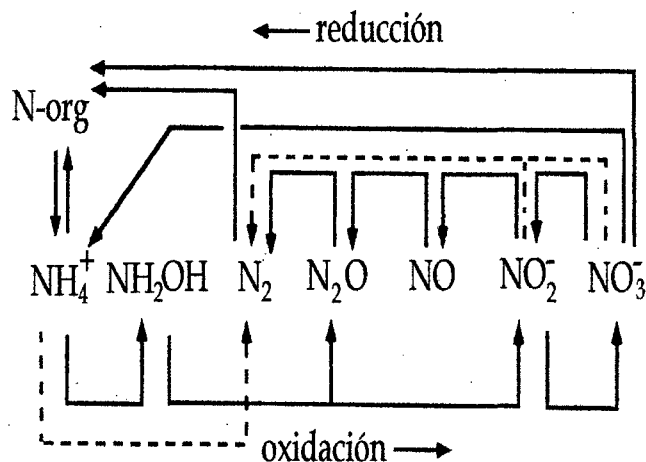


Figura 3-30. Ciclo del nitrógeno (2)

3.6.2. Reducción a nitritos

Algunas bacterias facultativas como pueden respirar reduciendo el nitrato a nitrito, que se acumula en el ambiente, pero no producen N_2 . Luego reducen el nitrito a amonio por la vía asimilatoria, si hay deficiencia de NH_4^+ en el medio (4). La figura 22 muestra el proceso de transporte de electrones en *Escherichia coli* cuando usa nitrato como aceptor de electrones.

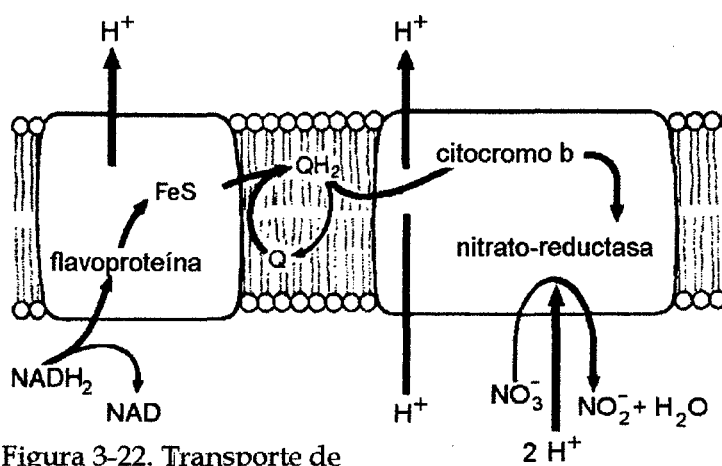


Figura 3-22. Transporte de electrones en respiración anaeróbica (6)

3.6.3. Sulfato reducción

Es la transferencia de hidrógeno al sulfato aceptor terminal de electrones en la respiración anaeróbica, reduciéndolo a H_2S . Este proceso, llamado también reducción desasimilatoria de sulfatos, es cumplido por bacterias anaeróbicas obligadas tales como *Desulfatomaculum*. Los donantes de hidrógeno son lactato, acetato y otros ácidos grasos, metanol, etanol y compuestos aromáticos.

Los microorganismos reductores de sulfato son responsables de la precipitación de Fe^{++} y otros cationes metálicos en aguas polutas, y la corrosión de metales enterrados. *Desulfuromonas* y algunas arqueobacterias termofílicas pueden reducir el azufre elemental a H_2S (5). Por otra parte, casi todas las bacterias, así como los hongos pueden reducir sulfatos para sintetizar aminoácidos azufrados por la vía de la

reducción asimilatoria de sulfatos (5). La figura 31 presenta un esquema del ciclo del azufre.

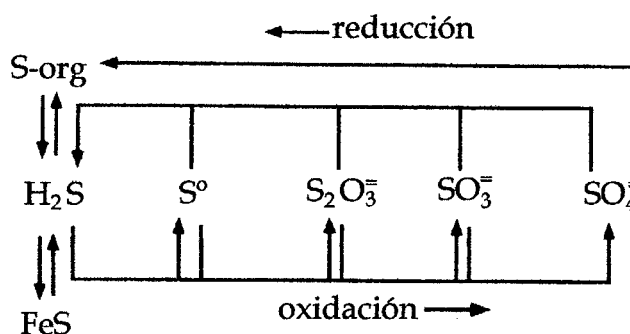


Figura 3-31. Ciclo del azufre (2)

3.7. BACTERIAS AUTOTRÓFICAS

Usan CO_2 como fuente de carbono a través del ciclo de la ribulosa-ifosfato, excepto las bacterias acetogénicas y metanogénicas. Obtienen energía y moléculas reductoras usando iones amonio, nitrito, sulfuro, tiosulfato, sulfito, ferroso; así como azufre elemental, hidrógeno o monóxido de carbono. Tienen los componentes del transporte electrones y la fuerza motriz de protones como los heterótrofos (4). La figura 28 resume los contrastes del metabolismo autotrófico frente al heterotrófico.

3.7.1. Nitrificación

En el curso de la degradación de sustancias nitrogenadas se libera amonio. La conversión del amonio a nitrito es llevada a cabo por las bacterias nitritantes del suelo: Nitrosomonas, Nitrosospira. En el ambiente marino se encuentra Nitrosococcus. No hay bacterias que conviertan directamente el amonio en nitrato. El nitrito es oxidado a nitrato por las bacterias nitratantes Nitrobacter, Nitrococcus (en el mar) y otras. Ambos pasos constituyen la llamada nitrificación del suelo (1). Estas bacterias autóctonas del suelo pueden ser cultivadas en Nitrosolobus, solución mineral con un tiempo de generación entre 10 y 20 horas. Nitrobacter winogradskyi puede asimilar acetato (4). La figura 32 muestra las membranas intracitoplasmicas de una bacteria nitrificante.

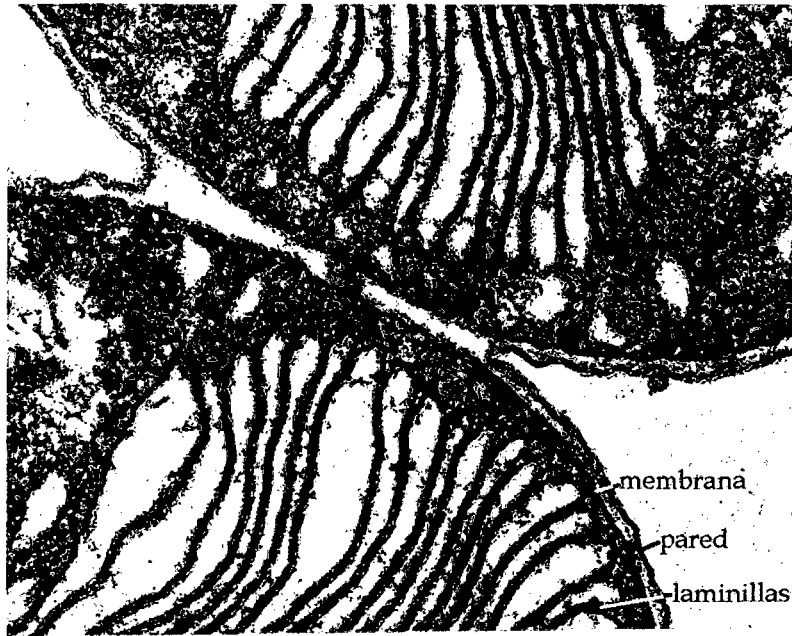


Figura 3-32. Membranas internas de bacterias nitrificantes (4)

Los iones amonio son oxidados rápidamente en los suelos bien aireados. La conversión de este catión al anión nitrito o nitrato, trae aparejado una acidificación del suelo con un incremento en la solubilización de minerales (potasio, calcio, magnesio y fosfatos). Por tal motivo los microorganismos nitrificantes fueron vistos como un factor significativo de la fertilidad del suelo (3). El amonio es mejor retenido que el nitrato, especialmente por adsorción sobre arcillas y unión más o menos firme a los componentes del humus. El nitrato, por el contrario, es fácilmente eliminado por el agua (4). El nitrato se acumula en las capas freáticas y puede afectar la salud de los bebés si la concentración en el agua potable supera los 50 mg por litro, pues las bacterias del intestino delgado lo reducen y el nitrito que pasa a la sangre se une irreversiblemente a la hemoglobina (16).

El proceso de nitrificación ocurre entre pH 7 y 8, debido a que el amonio libre (en suelos alcalinos) y el ácido nitroso (en suelos ácidos) son tóxicos para *Nitrobacter* (1). En suelos anegados que fueron fertilizados con sales de amonio, *Nitrosomonas* y *Nitrosovibrio* pueden llevar a cabo una desnitrificación. Otras cualidades de las bacterias nitrificantes son su capacidad para oxidar metano, metanol, CO, etileno, propileno, ciclohexano, alcohol bencílico y fenol. En cultivo puro la bacteria

heterotrófica *Arthrobacter* es capaz de formar nitrito a partir de sustancias nitrogenadas. También algunos hongos pueden oxidar el nitrógeno amínico o el amonio hasta nitrato. Esta nitrificación heterótrofa no está acoplada al crecimiento y producción de biomasa, y sólo es de importancia en suelos ácidos, por ejemplo bosques de pinos (4).

3.7.2. Síntesis de proteínas

Casi todos los organismos están capacitados para convertir el nitrógeno inorgánico en proteínas y ácidos nucleicos. El N puede asimilarse en forma de iones amonio y por algunas especies en forma de iones nitrato. Ningún moho o ni levadura fijan nitrógeno gaseoso como lo hacen algunas bacterias, por ejemplo, *Azotobacter* que vive libre en el suelo y *Rhizobium* que crece como simbiote en los nódulos de las raíces de leguminosas (14).

La mayoría de los microorganismos son capaces de sintetizar todos los aminoácidos requeridos para síntesis de proteínas. El grupo amino es introducido por aminación directa o por transaminación. La asimilación del nitrógeno molecular, así como la de nitrato y nitrito implica una reducción a amonio antes de su incorporación al compuesto orgánico (4). La figura 33 muestra las rutas más importantes de incorporación de nitrógeno para formar los aminoácidos y la 34 los caminos de síntesis de los aminoácidos.

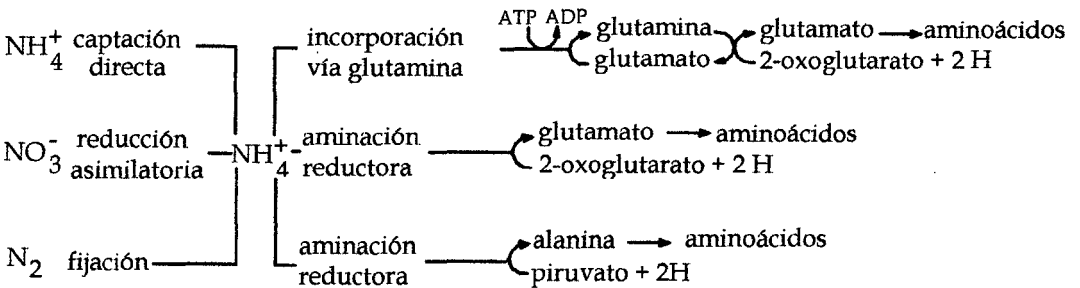


Figura 3-33. Vías para la incorporación del nitrógeno (4)

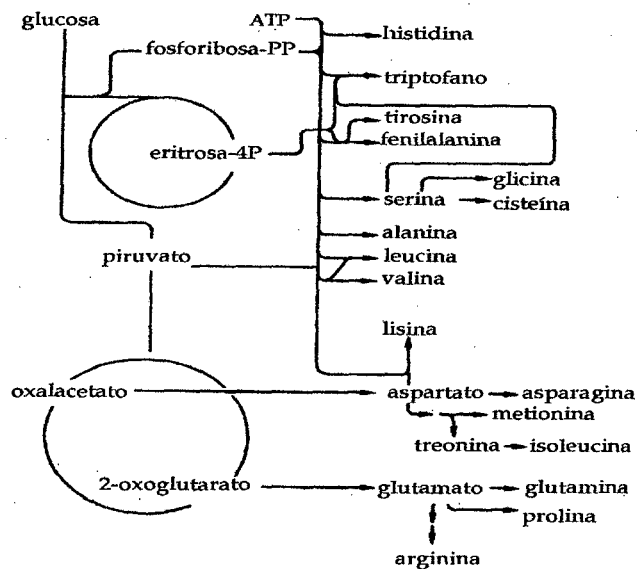


Figura 3-34. Vías de síntesis de los aminoácidos (4)

La información contenida en el ADN no es transferida directamente durante la síntesis de proteínas que ocurre en los ribosomas. El intermediario es el ARN mensajero (ARN-m) monocatenario sintetizado sobre una sola cadena del ADN efectuando la transcripción de la información. Los aminoácidos son reunidos en una cadena polipeptídica según la secuencia determinada por el ARN-m durante la traducción que implica la participación del ARN de transferencia de los aminoácidos (ARN-t), el ribosoma, varias enzimas y ATP. La figura 35 muestra un esquema de la biosíntesis de las proteínas en bacterias.

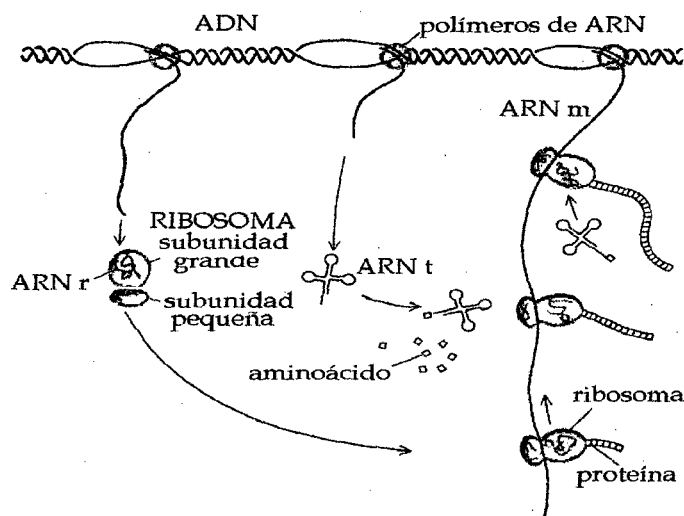


Figura 3-35. Síntesis de proteínas en procariotas (11)

3.7.3. Fijación de N₂

La expresión de la nitrogenasa en los bacteroides se modifica por diversos factores aportados por la planta. Una vez establecida la simbiosis, la enzima nitrogenasa se inhibe en presencia de nitrógeno combinado y cesa cuando comienza el desarrollo de las semillas en la planta hospedadora (senescencia de los nódulos). Otros factores que afectan la fijación son la presencia de hidrogenasa (que aumenta el rendimiento de la misma) y circunstancias ambientales como la temperatura (17). En la figura 36 se muestra un esquema de la actividad metabólica en el nódulo. La capacidad para fijar nitrógeno molecular se observa en muchos organismos procarióticos de vida libre.

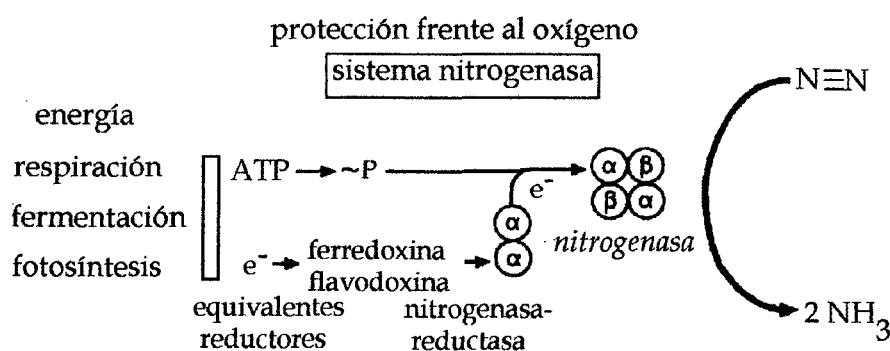
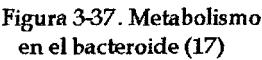


Figura 3-36. Fijación del nitrógeno (4)

La reacción química responsable del proceso de fijación consiste en la transferencia de seis electrones al N₂ para dar NH₄⁺ con el aporte de energía en forma de ATP. La reacción debe estar acoplada a la fermentación o a la respiración de azúcares u otros compuestos energéticos, o bien a la fotofosforilación del ADP, para que transcurra espontáneamente. Los electrones son provistos a través de ferredoxina y flavodoxina. El sistema nitrogenasa está constituido por dos enzimas: la dinitrogenasa reductasa o componente II y la nitrogenasa propiamente dicha o componente I. La dinitrogenasa reductasa tiene dos subunidades idénticas y el grupo prostético es un centro sulfoferrico. El componente I es un tetrámero con dos subunidades alfa y dos beta, que contienen átomos de hierro y molibdeno (4).

En algunas bacterias fijadoras de vida libre la nitrogenasa contiene vanadio en lugar de molibdeno. Además de reducir el nitrógeno molecular, la nitrogenasa puede reducir los H^+ a H_2 y también otros compuestos como se observa en la figura 37. Casi todas las bacterias fijadoras tienen, unida a la membrana, una hidrogenasa (con níquel en su grupo prostético) como protección del sistema nitrogenasa, que transfiere electrones desde el H_2 al O_2 difundido hacia adentro de la célula (6). Dada la rápida inactivación de la nitrogenasa en presencia de oxígeno, los microorganismos fijadores han desarrollado diversas estrategias para evitarla: una alta tasa respiratoria, la formación de estructuras protectoras, la compartimentación celular o un crecimiento en condiciones anaeróbicas o microaerofílicas (17).



40

especial, llamada heterocisto. Los heterocistos poseen una pared poco permeable al oxígeno y pueden generar ATP por fotofosforilación cíclica y fosforilación oxidativa, con lo cual se eliminan las trazas de O₂. El poder reductor necesario para la fijación proviene de las otras células que tienen los dos fotosistemas (6). En la mayoría de los microorganismos fijadores de N₂ de vida libre, el amonio producido es asimilado para formar glutamina (4).

3.8. TRABAJOS REALIZADOS CON LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES

a) EM usado en la nutrición y control de Sigatoka en EARTH Costa Rica.

Elano y otros (1997). Llevaron a cabo en la finca bananera de la Escuela Superior de Agricultura de la Tropical Región Húmeda (**EARTH**), se encuentra en Las Mercedes de Guácimo, provincia de Limón, en la zona oeste de la vertiente atlántica de Costa Rica, una de las principales regiones productoras de banano tres del país. La lluvia y la temperatura media anual en esta zona son de 3500 mm y 26° C, respectivamente. En este estudio el control biológico de Sigatoka negro se llevó a cabo en la variedad Gran Enano. Los EM se utilizan como agente de control biológico.

El campo de cultivo fue de 0,6 hectáreas y contaba con aproximadamente 1.080 plantas. La duración del estudio fue de 3 meses. Microorganismos Eficaces fueron rociados con pulverizadores motorizados. Se hicieron esfuerzos para rociar toda la superficie de la hoja de vela con el fin de tener un control preventivo. El volumen total de aplicación del tratamiento fue de 13 litros. La dosis utilizada para EM fue 1:1000. La frecuencia de aplicación fue cada dos semanas. Las variables que se evaluaron fueron los mismos que los descritos en el

método de Stover modificado por **RUDICH, J.** Este método obtiene información detallada sobre la situación sanitaria de la plantación **PRIMAVESI, A. (1984).** Las evaluaciones se realizaron la semana (5 plantas por evaluación). Los resultados fueron analizados con base en las siguientes variables: por planta (L / P), el más joven hojas anchadas hoja (YSL), las hojas infectadas (IL), el promedio ponderado de infección (WAI). Como resultado obtuvieron que el número de hojas enfermas fuera de 2,2 para el tratamiento.

La calificación promedio de infección fue de 0,52 para EM. Los resultados indican que la EM puede controlar la sigatoka negra suficientemente y mantener 8-9 hojas hasta la fructificación. Esto es comparable a los resultados mediante el control químico regular con 10 hojas.

b) Microorganismos Eficientes (ME), en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) híbrido Atar Ha 435 .

Peñafel y Donoso (2004), evaluaron diferentes dosis de, trabajo de investigación que se lo realizó en la época seca, en el Campo Experimental y de Investigación Agropecuaria de la **ESPOL (CENAE)** de propiedad de la ESPOL ubicado en el cantón Guayaquil perteneciente a la provincia del Guayas. Las aplicaciones de EM se comenzaron a realizar a partir del día 24 (10 después del trasplante), se realizaron 8 aplicaciones de EM al cuello y al follaje de las plantas, estas fueron realizadas los días Jueves de cada semana. De las cuatro dosis de EM y un testigo evaluadas, se puede concluir en base al rendimiento en kg/planta que no hubo diferencias estadísticas entre estos tratamientos y el testigo, a pesar que el tratamiento 4 logró el mejor peso en la 1er cosecha con un peso promedio de 321.1gr. En lo referente a las variables días a la 5 y 7 cosecha se puede determinar que el tratamiento 3 con 68.93 días y el tratamiento 2 con 78.33 días respectivamente, obtuvieron una mayor precocidad para estas variables. En lo referente a la calidad se pudo observar que el testigo (Sin aplicación) presento más precozmente el ataque de mildiu veloso.

c) Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill)

(Terry *et al.*, 2005) En el uso y manejo de biofertilizantes en la agricultura, uno de los principales problemas es el desconocimiento de las especies presentes en los agroecosistemas y en la rizosfera de los cultivos, para su posible utilización eficiente. Desde el punto de vista ecológico, es importante conocer los integrantes de la comunidad bacteriana que favorecen su aplicación como inoculantes y propician un efecto agrobiológico positivo en los cultivos agrícolas.

Esta investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar la efectividad agrobiológica de *Azospirillum sp*, en el crecimiento, desarrollo y rendimiento en el cultivo del tomate.

Para ello, se partió de seleccionar el género microbiano predominante en la rizosfera del cultivo y posteriormente se evaluó el efecto de su inoculación a partir de la respuesta del cultivo. Los resultados demostraron que los géneros **Pseudomonas**, **Azospirillum**, **Azotobacter**, **Bacillus** y **Streptomyces**, forman parte de la comunidad microbiana de la rizosfera del tomate, en las condiciones estudiadas, y que **Azospirillum** es el género dominante.

La inoculación artificial de esta rizobacteria causó un efecto positivo sobre el crecimiento de las plántulas, así como en el estado nutricional de las plantas, con un rendimiento agrícola superior a un 11 % con respecto a las plantas testigo. Se obtuvo un alto nivel poblacional en la rizosfera de las plantas inoculadas.

d) Producción y formulación de prototipos de un biofertilizante a partir de bacterias nativas asociadas al cultivo de arroz (*Oryza sativa*).

(Rojas Sierra, y Moreno Sarmiento, 2008). Los biofertilizantes son productos con base en microorganismos que están involucrados en los procesos nutritivos de las plantas. Además de los microorganismos, es necesario mejorar las condiciones de formulación de los productos para mantener la viabilidad y estabilidad en almacenamiento y campo. El objetivo de este trabajo fue evaluar formulaciones, las cuales se realizaron mezclando el ingrediente activo (bacteria fijadora de nitrógeno) en diferentes relaciones con sustancias húmicas, Polietilenglicol, Carbopol y quelatos.

Los prototipos que mantuvieron la viabilidad durante un periodo de aproximadamente tres meses se evaluaron en cultivos de arroz. Los formulados se evaluaron teniendo en cuenta la dosis aplicada (1 y 2 L/ha); el resultado de uno de los prototipos (M= 8500 kg/ha) mostró un efecto benéfico sobre la producción superando a los testigos (7625 kg/ha). Los resultados de este trabajo, además de contribuir con el aumento de la estabilidad en almacenamiento de algunos prototipos, permitieron mostrar buenos resultados en campo (producción), ratificando la importancia que tienen estos microorganismos en los agroecosistemas.

e) Efecto de microorganismos eficaces (EM) en el rendimiento de cebolla china (*allium fistulosum* L.) variedad 'simba' en el bajo mayo – San Martín.

(Torres Maldonado, 2006) La cantidad de EM que se necesita para aportar al cultivo no es siempre la más elevada, sino la que permite una optimización de las reacciones que este aporta como efectos beneficiosos.

La mejor dosis de EM – 1, en cuanto a la calidad, desarrollo y rendimiento en Kg/ha, se reflejó utilizando 4 800 cc/ha de EM -1 por

800 litros de agua que dio un rendimiento 38 381,6 kg/ha, y con promedios de altura de 41,05cm.

En los resultados microbiológicos, el resultado que presentó la mayor población de microorganismos fue antes de la aplicación del producto EM, a diferencia del análisis final quien obtuvo la menor población de microorganismos (*Trichoderma sp.*).

f) Incidencia de EM en (*Pythium sp.* y *Fusarium sp.*) en las raíces principal y secundaria en condiciones agroecológicas en Lamas (Chavez , 2012)

El T1 (2 litros de EM), reportó un 60% de plantas sanas, 37.5% de plantas tratadas y 2.5% de plantas muertas. El T2 (3 litros de EM) con 60% de plantas sanas y 40% de plantas tratadas, el T3 (4 litros de EM) con 50% de plantas sanas, 47.5% de plantas tratadas y 2.5% de plantas muertas y el T4 (5 litros de EM) con 55% de plantas sanas y 45% de plantas tratadas.

La presencia de *Pythium sp.* y *Fusarium sp.* en las parcelas no fueron uniformes debido a la dinámica poblacional con la que se presentaron estos patógenos; por lo que, en algunas parcelas fueron más evidentes que en otras. En el T2 y T4 obtuvieron una variabilidad de formas de daños que trajo como consecuencia diferentes resultados en los tratamientos estudiados.

Los resultados obtenidos explican claramente la acción eficiente de los microorganismos eficientes, quienes disminuyeron significativamente la incidencia de los patógenos compuestos por *Pythium sp.* y *Fusarium sp.*, el cual es corroborado por Teruo y James (1996), quienes indican que los EM, tienen múltiples funciones (Aprolab, 2007), ya que suprimen los patógenos y plagas que promueven enfermedades, y al tener vigorosidad en el crecimiento y desarrollo estructural de la planta, aumentó la protección y producción de la capacidad fotosintética incrementando el rendimiento y la calidad del cultivo de la lechuga, variedad Great Lakes 659, en los cuatro tratamientos estudiados.

IV. MATERIALES Y METODOLOGÍA

4.1. MATERIALES

4.1.1. Ubicación del campo experimental

El presente trabajo de investigación se instaló en el Fundo hortícola "El Pacífico" de propiedad del Ing. Jorge Luís Peláez Rivera, el cual presenta las siguientes características:

a. Ubicación Política

Distrito	:	Lamas
Provincia	:	Lamas
Departamento	:	San Martín
Región	:	San Martín

b. Ubicación Geográfica

Latitud sur	:	06° 20' 15"
Longitud oeste	:	76° 30' 45"
Altitud	:	835 m.s.n.m.m

4.1.2. Antecedentes del campo

En el Fundo hortícola "El Pacífico", se vienen cultivando hortalizas de gran potencial comercial y cuenta con una extensión de dos hectáreas desde hace 20 años.

4.1.3. Vías de acceso

La principal vía de acceso al campo experimental es la carretera Fernando Belaunde Terry a la altura del Km. 12, con un desvío al margen derecho de 9.5 Km., de la ciudad de Tarapoto.

4.1.4. Características edafoclimáticas

a. Características climáticas

Según Holdridge (1975), nos dice que el lugar donde se realizó la presente investigación se encuentra en la zona de vida de bosque seco tropical (bs – T) en la selva alta del Perú.

En el Cuadro 1, se muestra los datos meteorológicos reportados por SENAMHI (2012), que a continuación se indican:

Tabla 02: Datos meteorológicos, según SENAMHI (2013)

Meses	Temperatura máxima mensual (°C)	Temperatura Mínima mensual (°C)	Precipitación Total mensual (mm)	Humedad Relativa (%)
Abril	29.1	17.1	70.9	74
Mayo	28.4	18.3	91	72
Junio	26.9	18	93.7	73
Total	84.4	53.4	255.6	219
Promedio	28.13	17.8	85.2	73

Fuente: SENAMHI SAN MARTIN - LAMAS (2013).

b. Características edáficas

El suelo presenta una textura franco arcillo arenoso, con un pH de 6,35 de reacción ligeramente ácido, materia orgánica se encuentra en un nivel bajo de 1,94 %, el nitrógeno tiene un contenido 80,9 kg/ha/año, el fósforo asimilable se encuentra en un nivel alto 23,94 kg P₂O₅/Ha, el potasio disponible se encuentra en un nivel medio de 120,49 K₂O/Ha. Los resultados descritos se muestran en el siguiente cuadro.

Tabla 03: Características físicas y químicas del suelo

Elementos		Lamas (Fundo Pacífico) 835 m.s.n.m.m	Interpretación
pH		6.35	Ligeramente ácido
C.E. Mmhos/cc		97.2	No hay problemas de sales
M.O. (%)		1.94	Bajo
N (%)		0.097	Bajo
P (ppm)		23.94	Alto
K ₂ O (ppm)		120.49	Medio
Análisis Mecánico (%)	Arena	58.4	Franco Arcillo Arenoso
	Limo	26.8	
	Arcilla	18.4	
CIC (meq)		6.32	Medio
Cationes Cambiables (meq)	Ca ²⁺	12.3	Normal
	Mg ²⁺	2.78	Normal
	K ⁺	0.32	Medio
Suma de bases		15.14	Total de elementos cambiables (meq)

Fuente: Laboratorio de suelos Agrícolas-FCA-UNSM-T (2013).

4.2. METODOLOGÍA

4.2.1. Diseño y características del experimento

Se aplicó el Diseño de Bloques Completos al Azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento haciendo un total de 20 unidades experimentales. Los datos se procesaron utilizando el Software SPSS 19 y se consideró pertinente estadígrafos como el Análisis de Varianza y la prueba de significación Múltiple de Duncan ($\alpha = 0,05$) para evaluar las diferencias existentes entre los tratamientos estudiados

a. Características del campo experimental

Tabla 04: Características del campo experimental

Nivel de bloques	
Numero de bloques	04
Tratamientos por bloque	05
Total de tratamientos del experimento	20
Largo de los bloques	34.00 m
Ancho de los bloques	4.00 m
Área de cada bloques	136.00 m ²
A nivel de unidad experimental	
Número de unidades experimentales	20
Área total de tratamientos	24.00 m ²
Distancia entre hileras	1.00 m
Distanciamiento entre plantas	0.60 m

4.2.2. Tratamientos estudiados:

Tabla 05: Tratamientos estudiados en el experimento

Numero de tratamiento	Clave	Descripción
1	T1	1.00 L/ha de EM - COMPOST
2	T2	2.00 L/ha, de EM - COMPOST
3	T3	3.00 L/ha de EM - COMPOST
4	T4	4.00 L/ha DE EM - COMPOST
5	T0	Testigo (sin aplicación)

Nota: La aplicación de las dosis de microorganismos eficientes (EM-Compost) se realizó después de la preparación del suelo.

4.2.3. Conducción del Experimento

a. Activación del EM - COMPOST

Los microorganismos presentes en el EM - COMPOST están en estado de latencia y anaeróbico, por lo tanto se tuvieron que activar antes de usar (esta actividad se realizó 8 días antes de empezar con las labores en campo), para lo cual se mezcló 500 ml de melaza en 20 litros de agua y se le agregó 1 litro de EM- COMPOST, luego se colocó la mezcla en un bidón limpio, y a este se le cerró herméticamente para no permitir la entrada del aire. Se lo dejó reposar en un ambiente bajo sombra, al cabo del octavo día ya estuvo listo para la aplicación en campo. Tal como se puede apreciar en el Anexo, (Foto 1, 2).

b. Almacigo

Para el almacigo se utilizó bandejas almacigueras de 192 celdas cada una con sustratos de algas marinas (premix 3), semillas de tomate (*Lycopersicum esculentum*) híbrido wsx 2205 f-1, lo cual permaneció por el tiempo de 21 días. Tal como se puede apreciar en el anexo, (foto 2 y 3).

c. Instalación del experimento

La instalación del experimento se realizó en las parcelas del fundo el pacífico que reportan trabajos de hortalizas durante 24 años. Una vez determinado el lugar, se realizó un muestreo de suelo para su análisis físico químico, luego se procedió a realizar la limpieza e incorporación de materia orgánica (gallinaza) a razón de 10 TM/Ha, a todos los bloques por igual, con la finalidad de proporcionar un suelo con que tenga condiciones para el desarrollo de los microorganismos. Tal como se aprecia en el anexo, (foto 5, 6).

d. Aplicación de cada tratamiento

La aplicación para cada tratamiento se realizó previa demarcación del área experimental, de los bloques y los tratamientos, luego se incorporó los microorganismos beneficios al suelo con una pulverizadora manual, de acuerdo a las dosis pre determinadas, Tal como se aprecia en el anexo, (foto 7).

➤ Dosis/tratamiento

- Para el T1 se utilizó 1 lt/Ha de EM – Compost, para 24.00 m² se requiere 2.40 cc para la respectiva aplicación en campo definitivo.
- Para el T2 se utilizó 2 lt/Ha de EM – Compost, para 24.00 m² se requiere 4.80 cc, para la respectiva aplicación en campo definitivo.
- Para el T3 se utilizó 3 lt/Ha de EM – Compost, para 24.00 m² se requiere 7.20 cc para la respectiva aplicación en campo definitivo.
- Para el T4 se utilizó 4 lt/ de EM – Compost, para 24.00 m² se requiere 9.60 cc para la respectiva aplicación en campo definitivo.

e. Siembra

La siembra se realizó previo almacigado en bandejas almacigueras con sustratos de algas marinas (Premix 3) y luego a los 21 días de almacigado se realizó la siembra en campo definitivo a un distanciamiento de 1 metro entre fila y 0.60 m entre planta. Tal como se aprecia en el anexo, (foto 8 y 9).

f. Estudio en Laboratorio

a) Preparación del Medio de Cultivo (Agar Papa - Caldo nutritivo).

Se preparó solo caldo nutritivo, porque el laboratorio contaba con Agar de papa.

Para preparar el caldo nutritivo se utilizó 4 gramos de peptona, glucosa 1.25 gr, cloruro de sodio 1.25 gr, y 2.50 ml de agua destilada, cada proceso se pesó con la balanza analítica.

Después se dejó el Caldo nutritivo en la estufa por 24 horas para una completa esterilización. Tal como se aprecia en el anexo, (foto 10, 11)

b) Llenado de las Placas Petri con Medio de Cultivo e inoculación de los Microorganismos Eficientes - Compost

Se procedió al Plaqueado del medio en placas Petri (en un ambiente especializado del laboratorio), las placas fueron previamente esterilizados, para así evitar contaminaciones posteriores, este trabajo se hizo manteniendo una asepsia adecuada,

Se Plaquearon 8 muestras para cada análisis de las que fueron previamente incorporado al medio de cultivo Tal como se aprecia en el anexo (Foto 12, 13)

c) Observación de Colonias de Hongos y Bacterias.

Se realizó la observación, de colonias tanto hongos y bacterias, existen de hongos y bacterias, el color, la forma y el aspecto de las colonias. Con la visualización directa de la colonia en la placa se hizo para determinar el color, la forma, y tamaño que presenta. Tal como se aprecia en el Anexo, (foto 14, 15)

d) Identificación de Microorganismos.

Con las muestras ya incubadas se realizó la identificación de los hongos y bacterias.

Se efectuó la coloración de Gram para este proceso.

Se realizó la observación a través de un microscopio compuesto (objetivo 40x / ocular 10x) para determinar la forma y color del hongo y bacterias. Tal como se ve en el anexo, (foto 16, 17, 18 ,19)

4.2.4. Variables evaluadas

- **Altura de planta**

Se evaluó semanalmente, tomando al azar 10 plantas por tratamiento con la ayuda de una wincha desde la base de la planta hasta la parte apical. Tal como se aprecia en el anexo, (foto 20)

- **Numero de racimos florales**

Se evaluó semanalmente haciendo el conteo de los racimos florales de las 10 plantas seleccionadas al azar, hasta el final de la cosecha, Tal como se aprecia en el anexo, (foto 21).

- **Numero de flores por racimo**

Se evaluara semanalmente haciendo el conteo de las flores de cada racimo floral de las 10 plantas seleccionadas al azar, para luego promediar con el total de racimos florales.

- **Diámetro del fruto**

Se evaluara al momento de la cosecha de las 10 plantas seleccionadas al azar con la ayuda de un vernier, tomando la medida de la parte media del fruto, Como se aprecia en el anexo, (foto 22).

- **Longitud del fruto**

Se evaluara al momento de la cosecha con la ayuda de un vernier, hasta la parte umbilical del fruto. Como se aprecia en el anexo, (foto 23).

- **Peso de fruto por planta y por tratamiento**

Se pesarán los frutos de las 10 plantas seleccionadas al azar por cada tratamiento, para lo cual se usará una balanza de precisión. Como se aprecia en el anexo, (foto 24)

- **Rendimiento en la producción en TM/ha**

Se pesaron 10 plantas tomadas al azar por cada tratamiento, se uso una balanza de precisión, el resultado fue convertido a Tn/ha; para lo cual se tomo el peso promedio de fruto por planta de cada tratamiento, se multiplico por la cantidad de plantas por hectárea (densidad de siembra)

V. RESULTADOS

5.1. DE LA ALTURA DE PLANTA

Tabla 06: Análisis de varianza para la Altura de planta en centímetros

F.V.	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	F.C.	Sig. Del P-valor
Bloques	82,179	3	27,393	4,215	0,030 *
Tratamientos	5770,344	4	1442,586	221,948	0,000 **
Error experimental	77,996	12	6,500		
Total	5930,519	19			

$R^2 = 98,7\%$

C.V. = 2,08%

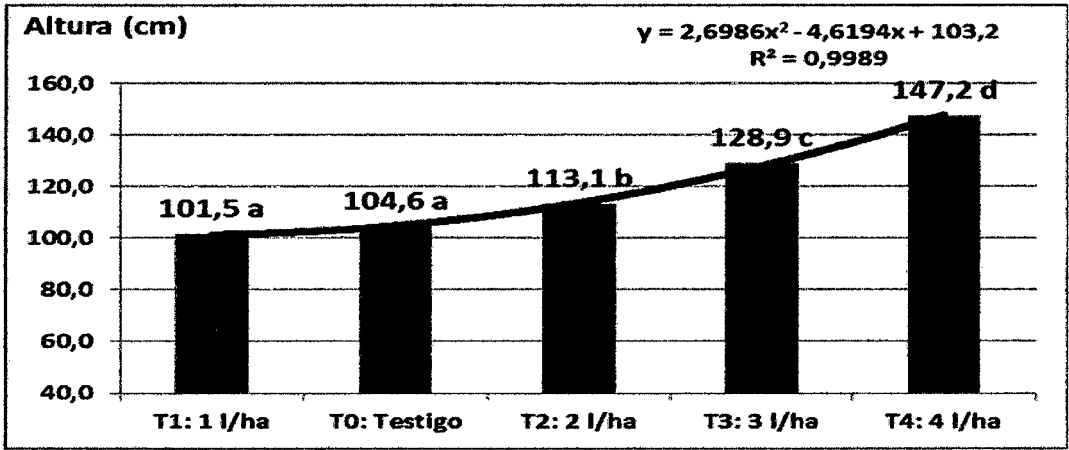
Promedio = 122,64

*significativo ($\alpha = 0,05$)

**Significativo ($\alpha=0,01$)

El análisis de varianza para la altura de planta detectó diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) para tratamientos, así mismo, el Coeficiente de Determinación (R^2) explica en un 98,7% los efectos que han tenido los tratamientos estudiados sobre la altura de planta. Por otro lado, el Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con un valor de 2,08% debido a su baja desviación no implica mayor discusión y la cual además se encuentra dentro del rango para trabajos de investigación realizados en campo tal como lo indica Calzada (1982).

Gráfico 1: Prueba múltiple de Duncan ($\alpha = 0,05$) para los promedios de tratamientos respecto a la altura de planta



La prueba múltiple de Duncan ($P < 0,05$) para los promedios de tratamientos también ha detectado diferencias significativas entre los promedios de tratamientos, donde el T4 (4 L.ha⁻¹) obtuvo el mayor promedio con 147,2 cm de altura de planta, superando estadísticamente a los tratamientos T3 (3 L.ha⁻¹), T2 (2 L.ha⁻¹), T0 (testigo) y T1 (1 L.ha⁻¹) quienes obtuvieron promedios de 128,9 cm, 113,1 cm, 104,6 cm y 101,5 cm de altura de planta respectivamente.

5.2. DEL NÚMERO DE RACIMOS FLORALES POR PLANTA

**Tabla 07 : Análisis de varianza para el Numero de racimos florales por planta
(Transformados por \sqrt{x})**

F.V.	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	F.C.	Sig. Del P-valor
Bloques	0,003	3	0,001	1,573	0,247 N.S.
Tratamientos	1,479	4	0,370	535,162	0,000 **
Error experimental	0,008	12	0,001		
Total	1,490	19			

$R^2 = 99,4\%$

C.V. = 0,91%

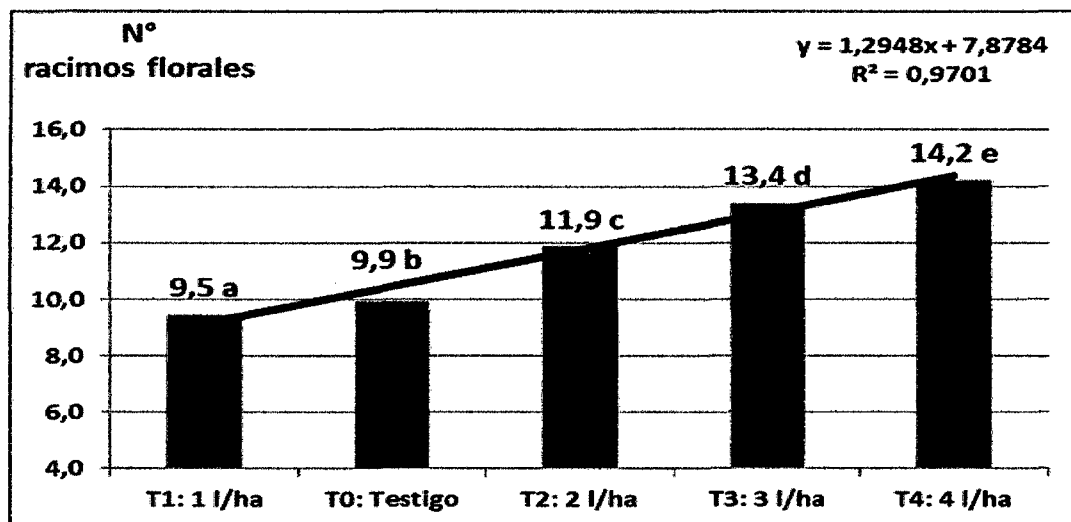
Promedio = 3,49

N.S. No significativo

**Significativo ($\alpha=0,01$)

El análisis de varianza para el número de racimos florales por planta detectó diferencias altamente significativas (99%) para tratamientos, así mismo, el Coeficiente de Determinación (R^2) explica en un 99,4% los efectos que han tenido los tratamientos estudiados sobre el número de racimos florales por planta. Por otro lado, el Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con un valor de 0,91% debido a su baja desviación no implica mayor discusión y la cual además se encuentra dentro del rango para trabajos de investigación realizados en campo tal como lo indica **Calzada (1982)**.

Gráfico 2: Prueba múltiple de Duncan ($\alpha = 0,05$) para los promedios de tratamientos respecto al número de racimos florales por planta



La prueba múltiple de Duncan ($\alpha = 0,05$) para los promedios de tratamientos también ha detectado diferencias significativas entre los promedios de tratamientos, donde el T4 (4 L.ha⁻¹) obtuvo el mayor promedio con 14,2 racimos, superando estadísticamente a los tratamientos T3 (3 L.ha⁻¹), T2 (2 L.ha⁻¹), T0 (testigo) y T1 (1 L.ha⁻¹) quienes obtuvieron promedios de 13,4 racimos, 11,9 racimos, 9,9 racimos y 9,5 racimos florales por planta respectivamente.

5.3. DEL NÚMERO DE FLORES POR RACIMO

**Tabla 08: Análisis de varianza para el Número de flores por racimo
(Transformados por \sqrt{x})**

F.V.	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	F.C.	Sig. Del P-valor
Bloques	0,003	3	0,001	1,522	0,259 N.S.
Tratamientos	0,670	4	0,168	250,179	0,000 **
Error experimental	0,008	12	0,001		
Total	0,682	19			

$R^2 = 98,8\%$

C.V. = 1,42%

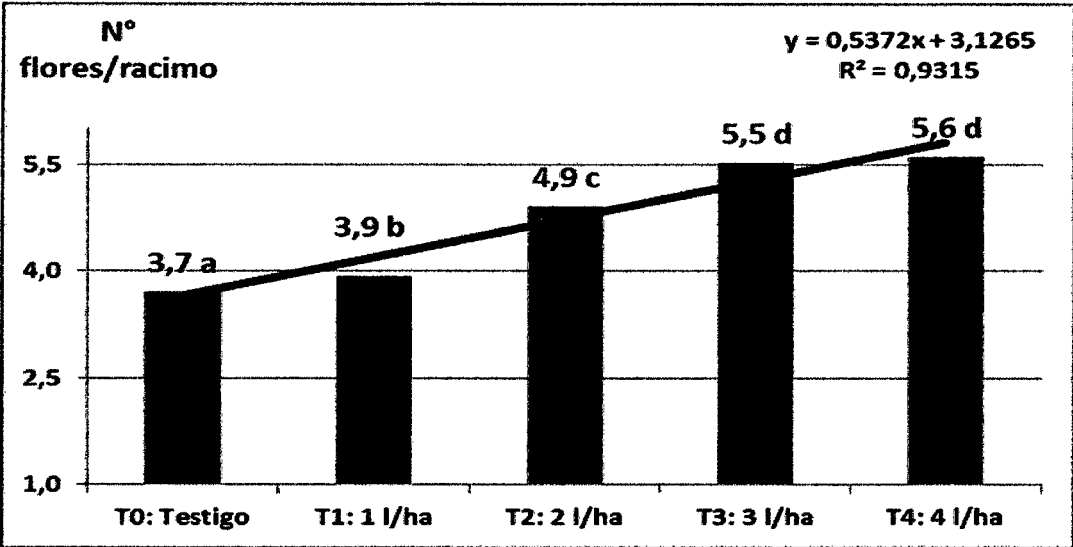
Promedio = 2,23

N.S. No significativo

**Significativo ($\alpha=0,01$)

El análisis de varianza para el número de flores por racimo detectó diferencias altamente significativas (99%) para tratamientos, así mismo, el Coeficiente de Determinación (R^2) explica en un 98,8% los efectos que han tenido los tratamientos estudiados sobre el número de flores por racimo. Por otro lado, el Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con un valor de 1,42% **Calzada (1982)**.

Gráfico 3: Prueba múltiple de Duncan ($\alpha = 0,05$) para los promedios de tratamientos respecto al número de flores por racimo



La prueba múltiple de Duncan ($\alpha = 0,05$) para los promedios de tratamientos también ha detectado diferencias significativas entre los promedios de tratamientos, donde los tratamientos T4 (4 L.ha⁻¹) y T3 (3 L.ha⁻¹) obtuvieron los mayores promedios con 5,6 y 5,5 flores por racimo respectivamente, superando estadísticamente a los tratamientos T2 (2 L.ha⁻¹), T1 (1 L.ha⁻¹) y T0 (testigo) quienes obtuvieron promedios de 4,9 flores, 3,9 flores y 3,7 flores por racimo respectivamente.

5.4. DEL DIÁMETRO DEL FRUTO

Tabla 09 : Análisis de varianza para el Diámetro del fruto en centímetros

F.V.	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	F.C.	Sig. Del P-valor
Bloques	0,035	3	0,012	0,485	0,699 N.S.
Tratamientos	29,728	4	7,432	312,600	0,000 **
Error experimental	0,285	12	0,024		
Total	30,048	19			

$R^2 = 99,1\%$

C.V. = 2,82%

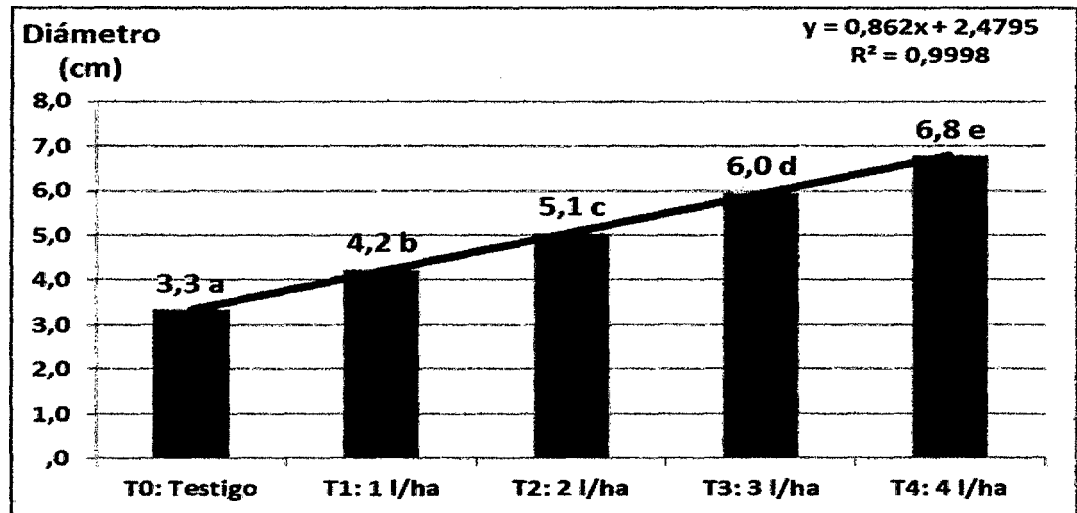
Promedio = 5,50

N.S. No significativo

**Significativo ($\alpha=0,01$)

El análisis de varianza para el diámetro del fruto detectó diferencias altamente significativas (99%) para tratamientos, así mismo, el Coeficiente de Determinación (R^2) explica en un 99,1% los efectos que han tenido los tratamientos estudiados sobre el diámetro del fruto. Por otro lado, el Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con un valor de 2,82% debido a su baja desviación no implica mayor discusión y la cual además se encuentra dentro del rango para trabajos de investigación realizados en campo tal como lo indica Calzada (1982).

Gráfico 4: Prueba múltiple de Duncan ($\alpha = 0,05$) para los promedios de tratamientos respecto al diámetro del fruto



La prueba múltiple de Duncan ($\alpha = 0,05$) para los promedios de tratamientos también ha detectado diferencias significativas entre los promedios de tratamientos, donde el T4 (4 L.ha⁻¹) obtuvo el mayor promedio con 6,8 cm de diámetro del fruto, superando estadísticamente a los tratamientos T3(3 L.ha⁻¹), T2 (2 L.ha⁻¹), T1 (1 L.ha⁻¹) y T0 (testigo) y quienes obtuvieron promedios de 6,0 cm, 5,1 cm, 4,2 cm y 3,3 cm de diámetro del fruto respectivamente.

5.5. DE LA LONGITUD DEL FRUTO

Tabla 10 : Análisis de varianza para la Longitud del fruto en centímetros

F.V.	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	F.C.	Sig. Del P-valor
Bloques	0,137	3	0,046	1,930	0,179 N.S.
Tratamientos	64,783	4	16,196	681,926	0,000 **
Error experimental	0,285	12	0,024		
Total	65,205	19			

$R^2 = 99,6\%$

C.V. = 1,94%

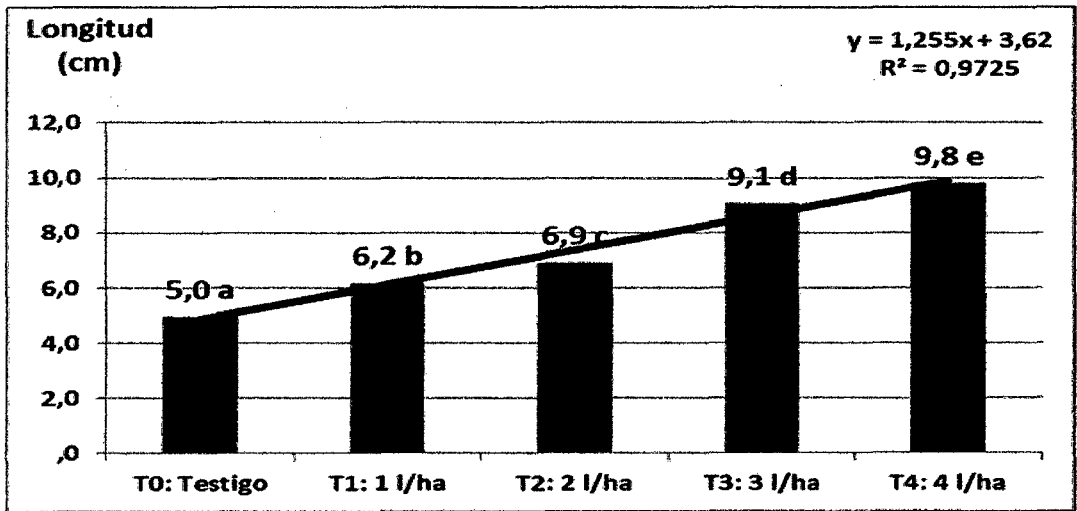
Promedio = 7,99

N.S. No significativo

**Significativo ($\alpha=0,01$)

El análisis de varianza para la longitud del fruto detectó diferencias altamente significativas (99%) para tratamientos, así mismo, el Coeficiente de Determinación (R^2) explica en un 99,6% los efectos que han tenido los tratamientos estudiados sobre la longitud del fruto. Por otro lado, el Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con un valor de 1,94% debido a su baja desviación no implica mayor discusión y la cual además se encuentra dentro del rango para trabajos de investigación realizados en campo tal como lo indica **Calzada (1982)**.

Gráfico 5: Prueba múltiple de Duncan ($\alpha = 0,05$) para los promedios de tratamientos respecto a la longitud del fruto



La prueba múltiple de Duncan ($\alpha = 0,05$) para los promedios de tratamientos también ha detectado diferencias significativas entre los promedios de tratamientos, donde el T4 (4 L.ha⁻¹) obtuvo el mayor promedio con 9,8 cm de longitud del fruto, superando estadísticamente a los tratamientos T3 (3 L.ha⁻¹), T2 (2 L.ha⁻¹), T1 (1 L.ha⁻¹) y T0 (testigo) y quienes obtuvieron promedios de 9,1 cm, 6,9 cm, 6,2 cm y 5,0 cm de longitud del fruto respectivamente.

5.6. DEL PESO PROMEDIO DEL FRUTO POR PLANTA

Tabla 11 : Análisis de varianza para el Peso promedio del fruto por planta

F.V.	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	F.C.	Sig. Del P-valor
Bloques	157,804	3	52,601	2,186	0,143 N.S.
Tratamientos	14680,597	4	3670,149	152,504	0,000 **
Error experimental	288,791	12	24,066		
Total	15127,192	19			

$R^2 = 98,1\%$

C.V. = 3,95%

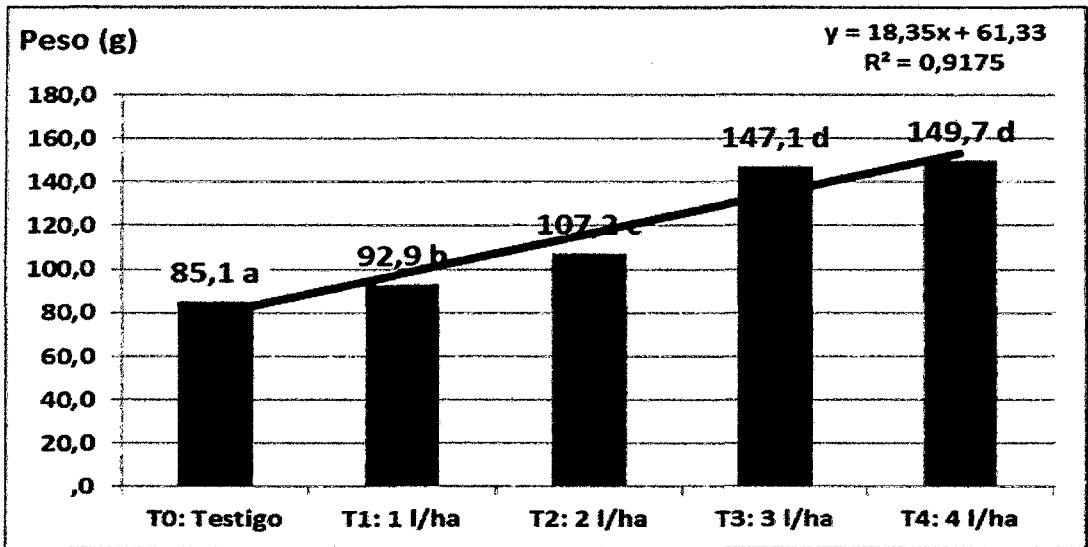
Promedio = 124,21

N.S. No significativo

**Significativo ($\alpha=0,01$)

El análisis de varianza para el peso promedio del fruto por planta detectó diferencias altamente significativas (99%) para tratamientos, así mismo, el Coeficiente de Determinación (R^2) explica en un 98,1% los efectos que han tenido los tratamientos estudiados sobre el peso promedio del fruto por planta. Por otro lado, el Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con un valor de 3,95% debido a su baja desviación no implica mayor discusión y la cual además se encuentra dentro del rango para trabajos de investigación realizados en campo tal como lo indica **Calzada (1982)**.

Gráfico 6: Prueba múltiple de Duncan ($\alpha = 0,05$) para los promedios de tratamientos respecto al peso promedio del fruto por planta



La prueba múltiple de Duncan ($\alpha = 0,05$) para los promedios de tratamientos también ha detectado diferencias significativas entre los promedios de tratamientos, donde los tratamientos T4 (4 L.ha⁻¹) y T3 (3 L.ha⁻¹) estadísticamente iguales entre sí obtuvieron los mayores promedios con 149,7 gramos y 147,1 gramos de peso promedio del fruto por planta respectivamente, superando estadísticamente a los tratamientos T2 (2 L.ha⁻¹), T1 (1 L.ha⁻¹) y T0 (testigo) y quienes obtuvieron promedios de 107,2 gramos, 92,9 gramos y 85,1 gramos de peso promedio del fruto por planta respectivamente.

5.7. DEL NÚMERO DE FRUTOS COSECHADOS POR PLANTA

**Tabla 12: Análisis de varianza para el Número de frutos cosechados por planta
(Transformados por \sqrt{x})**

F.V.	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	F.C.	Sig. Del P-valor
Bloques	0,005	3	0,002	0,168	0,916 N.S.
Tratamientos	3,117	4	0,779	79,119	0,000 **
Error experimental	0,118	12	0,010		
Total	3,240	19			

$R^2 = 96,4\%$

C.V. = 1,94%

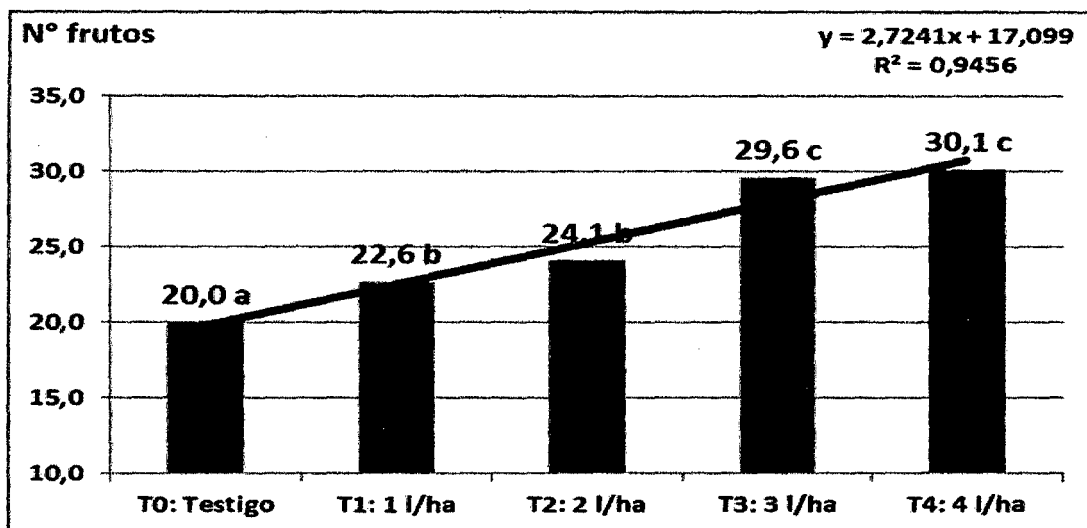
Promedio = 5,15

N.S. No significativo

**Significativo ($\alpha=0,01$)

El análisis de varianza para el número de frutos cosechados por planta detectó diferencias altamente significativas (99%) para tratamientos, así mismo, el Coeficiente de Determinación (R^2) explica en un 96,4% los efectos que han tenido los tratamientos estudiados sobre el número de frutos cosechados por planta. Por otro lado, el Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con un valor de 1,94% debido a su baja desviación no implica mayor discusión y la cual además se encuentra dentro del rango para trabajos de investigación realizados en campo tal como lo indica **Calzada (1982)**.

Gráfico 7: Prueba múltiple de Duncan ($\alpha = 0,05$) para los promedios de tratamientos respecto al número de frutos cosechados por planta



La prueba múltiple de Duncan ($\alpha = 0,05$) para los promedios de tratamientos también ha detectado diferencias significativas entre los promedios de tratamientos, donde los tratamientos T4 (4 L.ha⁻¹) y T3 (3 L.ha⁻¹) estadísticamente iguales entre sí obtuvieron los mayores promedios con 30,1 frutos y 29,6 frutos cosechados por planta respectivamente, superando estadísticamente a los tratamientos T2 (2 L.ha⁻¹), T1 (1 L.ha⁻¹) y T0 (testigo) y quienes obtuvieron promedios de 24,1 frutos, 22,6 frutos y 20,0 frutos cosechados por planta respectivamente.

5.8. DEL RENDIMIENTO EN KG.HA-1

Tabla 13 : Análisis de varianza para el Rendimiento en kg.ha⁻¹

F.V.	Suma de cuadrados	G.L.	Cuadrado medio	F.C.	Sig. Del P-valor
Bloques	9,548E8	3	3,183E8	1,983	0,170 N.S.
Tratamientos	9,754E10	4	2,438E10	151,956	0,000 **
Error experimental	1,926E9	12	1,605E8		
Total	1,004E11	19			

$R^2 = 98,1\%$

C.V. = 1,97%

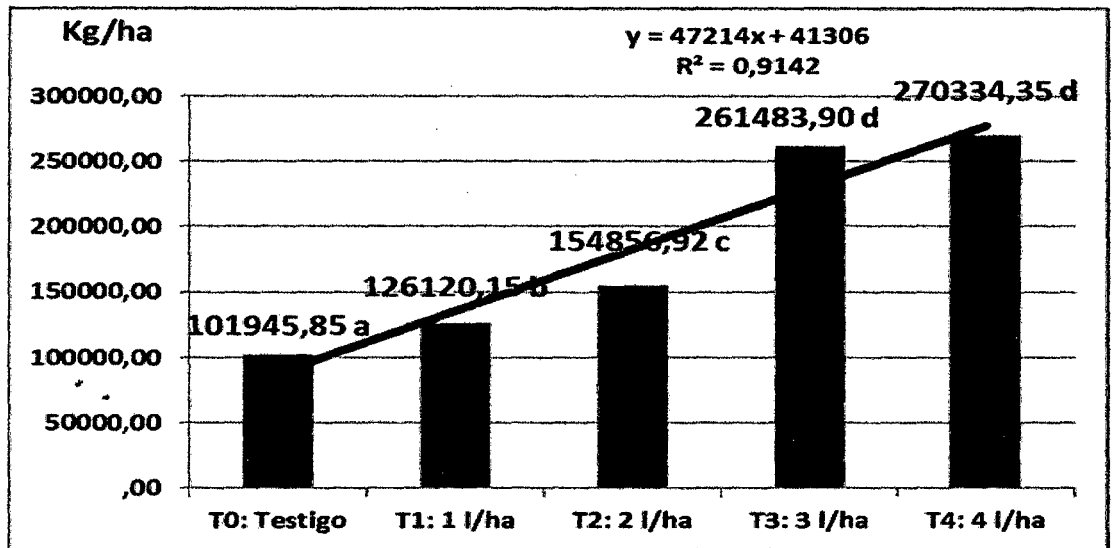
Promedio = 203 198,83

N.S. No significativo

**Significativo ($\alpha=0,01$)

El análisis de varianza para el rendimiento en kg.ha⁻¹ detectó diferencias altamente significativas (99%) para tratamientos, así mismo, el Coeficiente de Determinación (R^2) explica en un 98,1% los efectos que han tenido los tratamientos estudiados sobre el rendimiento en kg.ha⁻¹. Por otro lado, el Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con un valor de 1,97% debido a su baja desviación no implica mayor discusión y la cual además se encuentra dentro del rango para trabajos de investigación realizados en campo tal como lo indica Calzada (1982).

Gráfico 8: Prueba múltiple de Duncan ($\alpha = 0,05$) para los promedios de tratamientos respecto al rendimiento e $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$



La prueba múltiple de Duncan ($\alpha = 0,05$) para los promedios de tratamientos también ha detectado diferencias significativas entre los promedios de tratamientos, donde los tratamientos T4 (4 $\text{L} \cdot \text{ha}^{-1}$) y T3 (3 $\text{L} \cdot \text{ha}^{-1}$) estadísticamente iguales entre sí obtuvieron los mayores promedios con 270 334,35 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ y 261 483,90 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de rendimiento respectivamente, superando estadísticamente a los tratamientos T2 (2 $\text{L} \cdot \text{ha}^{-1}$), T1 (1 $\text{L} \cdot \text{ha}^{-1}$) y T0 (testigo) y quienes obtuvieron promedios de 154 856,92 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, 126 120,15 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ y 101 945,85 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de rendimiento respectivamente.

5.9. DEL ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS ESTUDIADOS

Tabla 14: Análisis económico de los tratamientos estudiados

Trats	Rdto (kg.ha-1)	Costo producción (S/.)	Precio de venta x kg (S/.)	Beneficio bruto (S/.)	Beneficio neto (S/.)	B/C	Rentabilidad (%)
T0 (Testigo)	101945.85	13047.90	0.15	15291.88	2243.98	0.17	17.20
T1 (1 L/ha)	126120.15	18426.40	0.20	25224.03	6797.63	0.37	36.89
T2 (2 L/ha)	154856.92	19170.12	0.20	30971.38	11801.26	0.62	61.56
T3 (3 L/ha)	261483.00	21372.66	0.20	52296.60	30923.94	1.45	144.69
T4 (4 L/ha)	270334.35	21619.68	0.20	54066.87	32447.19	1.50	150.08

VI. DISCUSIONES

6.1. DE LA ALTURA DE PLANTA

Es importante destacar que el incremento de las dosis de aplicación de EM ha desarrollado una línea de regresión polinómica descrita por la ecuación regresión $Y = 2,6986x^2 - 4,6194x + 103,2$ observándose un incremento de la altura de la planta más pronunciada a partir de una dosis de 2 L.ha^{-1} . Así mismo se destaca que el valor de correlación (r) de 99,94% ($\sqrt{x^2}$) define una alta relación de los efectos de la variable independiente (Dosis de EM) sobre la variable dependiente (Altura de planta).

Es importante destacar que las aplicaciones crecientes de EM-Compost se tradujeron en un crecimiento y desarrollo de las plantas de tomate, promoviendo el consumo de los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades, incrementando el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos y promoviendo la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas e incrementando la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar. Esta aseveración es corroborada por **Terry et al (2005)**, quienes como resultado de su investigación en Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill), desarrollado con el objetivo de evaluar la efectividad agrobiológica de *Azospirillum sp*, en el crecimiento, desarrollo y rendimiento en el cultivo del tomate. Para ello, se partió de seleccionar el género microbiano predominante en la rizosfera del cultivo y posteriormente se evaluó el efecto de su inoculación a partir de la respuesta del cultivo. Los resultados demostraron que los géneros *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus* y *Streptomyces*, forman parte de la comunidad microbiana de la rizosfera del tomate, en las condiciones estudiadas, y que *Azospirillum* es el género dominante.

6.2. DEL NÚMERO DE RACIMOS FLORALES POR PLANTA

Se destaca que el incremento de las dosis de aplicación de EM ha desarrollado una línea de regresión lineal positiva descrita por la ecuación regresión $Y = 1,2948x + 7,8784$ observándose un incremento del número de racimos florales por planta más pronunciada a partir de una dosis de 2 L.ha⁻¹ de EM. Así mismo se destaca que el valor de correlación (r) de 98,49% ($\sqrt{x^2}$) define una alta relación de los efectos de la variable independiente (Dosis de EM) sobre la variable dependiente (N° de racimos florales por planta).

6.3. DEL NÚMERO DE FLORES POR RACIMO

(Vessey, 2003) También se destaca que el incremento de las dosis de aplicación de EM ha desarrollado una línea de regresión lineal positiva descrita por la ecuación regresión $Y = 0,5372x + 3,1265$ observándose un incremento del número de flores por racimo a partir de una dosis de 2 L.ha⁻¹ de EM. Así mismo se destaca que el valor de correlación (r) de 96,51% ($\sqrt{R^2}$) define una alta relación de los efectos de la variable independiente (Dosis de EM) sobre la variable dependiente (N° de flores por racimo).

6.4. DEL DIÁMETRO DEL FRUTO

(Vessey, 2003) .El incremento de las dosis de aplicación de EM ha desarrollado una línea de regresión lineal positiva descrita por la ecuación regresión $Y = 0,862x + 2,4795$ observándose un incremento del diámetro del fruto más pronunciada a partir de la aplicación de una dosis de 1 L.ha⁻¹ de EM. Así mismo se destaca que el valor de correlación (r) de 99,98% ($\sqrt{R^2}$) define una alta relación de los efectos de la variable independiente (Dosis de EM) sobre la variable dependiente (Diámetro del fruto).

Este resultado lo atribuimos a la acción de los EM los cuales son los componentes más importantes de este, constituyen su parte viva y son los responsables de la dinámica de transformación y desarrollo.

En un solo gramo de tierra, encontramos millones de microorganismos beneficiosos para los cultivos. Estos microorganismos beneficiosos que se encuentran en el suelo, son bacterias, actinomicetos, hongos, algas y protozoarios.

Un suelo fértil es aquel que contiene una reserva adecuada de elementos nutritivos disponibles para la planta, o una población microbiana que libere nutrientes que permitan un buen desarrollo vegetal, en tal sentido, involucran microorganismos benéficos y efectivos, los cuales tiene la capacidad de favorecer procesos esenciales para la nutrición de las plantas.

6.5. DE LA LONGITUD DEL FRUTO

El incremento de las dosis de aplicación de EM ha desarrollado una línea de regresión lineal positiva descrita por la ecuación regresión $Y = 1,255x + 3,62$ observándose un incremento de la longitud del fruto más pronunciada a partir de la aplicación de una dosis de 1 L.ha^{-1} de EM. Así mismo se destaca que el valor de correlación (r) de 98,61% ($\sqrt{R^2}$) define una alta relación de los efectos de la variable independiente (Dosis de EM) sobre la variable dependiente (Longitud del fruto).

6.6. DEL PESO PROMEDIO DEL FRUTO POR PLANTA

La evaluación de esta variable también determinó que el incremento de las dosis de aplicación de EM ha desarrollado una línea de regresión lineal positiva descrita por la ecuación regresión $Y = 18,35x + 61,33$ observándose un incremento del peso promedio del fruto por planta pronunciada a partir de la aplicación de una dosis de 1 L.ha^{-1} de EM. Así mismo se destaca que el valor de correlación (r) de 95,78% ($\sqrt{R^2}$) define una alta relación de los efectos de la variable independiente (Dosis de EM) sobre la variable dependiente (Peso promedio del fruto).

6.7. DEL NÚMERO DE FRUTOS COSECHADOS POR PLANTA

Chavaria et al (2005). La evaluación de esta variable también determinó que el incremento de las dosis de aplicación de EM ha desarrollado una línea de regresión lineal positiva descrita por la ecuación regresión $Y = 2,7241x + 17,099$ observándose que el incremento del número de frutos cosechados por planta resultó ser una función de las dosis de EM aplicados. Así mismo se destaca que el valor de correlación (r) de 97,24% ($\sqrt{R^2}$) ha definido una alta relación de los efectos de la variable independiente (Dosis de EM) sobre la variable dependiente (Número de frutos cosechados por planta).

La aplicación de las dosis de EM en combinación con materia orgánica (Gallinaza de postura) y evidentemente su acción en el mejoramiento de las características físicas, químicas, biológicas y supresión de enfermedades, mejorando la disponibilidad de nutrientes en el suelo, solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radical.

Tomando los resultados obtenidos por, quienes en su trabajo de investigación "Microorganismos benéficos en el control de enfermedades en jengibre", el porcentaje de brotación fue mayor en aquellos rizomas en donde se aplicó la mezcla de microorganismos con características supresoras, que en el tratamiento químico, en donde el porcentaje de brotación del biológico fue de un 90% contra un 70% del químico, lo cual se determinó realizando un conteo de plantas brotadas en un área de 100 m² por tratamiento.

(Arauz 1998), Esa diferencia se atribuye a la aplicación periódica de microorganismos antagonistas, los que favorecieron el establecimiento de una alta población de microorganismos benéficos alrededor del rizoma, y por lo tanto la competencia por espacio contra los patógenos presentes en el suelo. Otro factor que pudo favorecer el establecimiento de los antagonistas, fue la aplicación de abono orgánico debajo del almacigo, el

abono no sólo sirvió de acarreador de bacterias y hongos benéficos sino que pudo proporcionar un ambiente adecuado para los microorganismos inoculados. Los abonos orgánicos maduros son colonizados con gran facilidad por la microflora antagonista.

6.8. DEL RENDIMIENTO EN kg.ha⁻¹

La evaluación de esta variable también determinó que el incremento de las dosis de aplicación de EM ha desarrollado una línea de regresión lineal positiva descrita por la ecuación regresión $Y = 47214x + 41306$ observándose que el incremento del rendimiento resultó ser una función de las dosis de EM aplicados. Así mismo se destaca que el valor de correlación (r) de 95,61% ($\sqrt{R^2}$) ha definido una alta relación de los efectos de la variable independiente (Dosis de EM) sobre la variable dependiente (Rendimiento kg.ha⁻¹).

Por los resultados obtenidos, se puede afirmar que las aplicaciones crecientes de EM han generado un crecimiento y desarrollo de las plantas de tomate, por lo que se estima que han restablecido el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementando la producción de los cultivos y su protección, en tal sentido, los efectos de los microorganismos en el suelo, están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas, químicas, biológicas y supresión de enfermedades. Siendo que sus efectos más resaltantes en las condiciones físicas del suelo, mejorando la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduciendo su compactación, incrementando los espacios porosos y mejora la infiltración del agua. De esta manera se disminuye la frecuencia de riego, tornando los suelos capaces de absorber 24 veces más las aguas lluvias, evitando la erosión, por el arrastre de las partículas.

Efectos en las condiciones químicas del suelo, mejorando la disponibilidad de nutrientes en el suelo, solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para

facilitar su absorción por el sistema radical. Efectos en la microbiología del suelo: Suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo, por competencia. Incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen.

6.9. DEL ANÁLISIS ECONÓMICO

Este análisis económico y los resultados obtenidos, nos permiten hacer algunas apreciaciones al respecto, en tanto que las enormes ganancias obtenidas son debido a la metodología de cálculo de ingresos y egresos llevados a hectárea y a la ley de la oferta y la demanda y que en términos locales no es tan cierto, dado que la producción por hectárea a nivel local supera la tasa de demanda y se incrementa el riesgo de comercialización.

En tal sentido el horticultor local siembra sus hortalizas hasta en un máximo de 200 m², pudiendo así diversificar el manejo y producción de tipos y variedades de hortalizas, lo que le permite obtener producciones diversificadas durante todo el año. Por lo que un análisis de costos por cultivo y por hectárea podría no ser una información real para nuestro departamento.

VII. CONCLUSIONES

- 7.1. Los tratamientos T4 (4 L.ha⁻¹) y T3 (3 L.ha⁻¹) estadísticamente iguales entre sí obtuvieron los mayores promedios con 270 334,35 kg.ha⁻¹ y 261 483,90 kg.ha⁻¹ de rendimiento; 5,6 y 5,5 flores por racimo; 30,1 frutos y 29,6 frutos cosechados por planta y 149,7 gramos y 147,1 gramos de peso promedio del fruto por planta respectivamente, superando estadísticamente a los demás tratamientos.
- 7.2. El T4 (4 L.ha⁻¹) obtuvo el mayor promedio con 147,2 cm de altura de planta, 14,2 racimos florales por planta, 6,8 cm de diámetro del fruto y 9,8 cm de longitud del fruto, superando estadísticamente a los tratamientos T3 (3 L.ha⁻¹), T2 (2 L.ha⁻¹), T0 (testigo) y T1 (1 L.ha⁻¹).
- 7.3. En resumen el tratamiento T4 (4 L.ha⁻¹ de EM) obtuvo el mayor valor de B/C con 7,81 y un beneficio neto de S/. 95858,06 nuevos soles, seguido de los tratamientos T3 (3 L.ha⁻¹ de EM), T2 (2 L.ha⁻¹ de EM), T1 (1 L.ha⁻¹ de EM) y T0 (Testigo) quienes valores de B/C de 7,73; 5,36; 4,57 y 3,23 con beneficios netos de S/.92608,54; S/.52204,65; S/.41398,66 y S/.23351,86 nuevos soles respectivamente.

VIII. RECOMENDACIONES

Dadas las condiciones agroclimáticas de la zona en estudio y en base al cultivo indicador y a los resultados obtenidos, se recomienda:

- 8.1.** La aplicación de 4 L.ha^{-1} de microorganismos eficientes en combinación con 20 TM de gallinaza de postura.
- 8.2.** Realizar ensayos futuros en el mismo cultivo y en otras hortalizas con dosis de 1 a 4 L.ha^{-1} de EM y en combinación con dosis de gallinaza de postura que varíen desde 10 a 60 TM.ha^{-1}

IX. BIBLIOGRAFIA

1. **ARAUZ L. 1998.** Fitopatología un enfoque agroecológico. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 467 p.
2. **ARISMENDI E. 2010.** "Microorganismos Eficientes, ¿fórmula mágica?". Rev. Elect. RAP-AL- Uruguay. en http://www.rapaluruway.org/organicos/articulos/microorganismos_eficientes.htm
3. **CÁCERES, E. (1984).** Producción de Hortalizas. IICA, San José, Costa Rica. 387 páginas.
4. **CHAVARIA ET AL (2005),** quienes en su trabajo de investigación "Microorganismos benéficos en el control de enfermedades en jengibre",
5. **CHAVEZ, (2012)** "Incidencia de EM en (*Pythium* sp, y *Fusarium* sp) en las raíces principal y secundaria en condiciones agroecológicas en Lamas "
6. **CAICEDO Y CHAVARRIAGA, (2008).** Efecto de la aplicación de dosis de silicio sobre el desarrollo en almácigo de plántulas de café variedad Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas. Colombia.
7. **CALZADA (1982).** "Métodos estadísticos para la investigación" Distribuidor: Editorial Jurídica, 1980 , Cornell University.
8. **DOMÍNGUEZ, V. A. 1989.** "Tratado de fertilización". 2º edición revisada y ampliada – Madrid
9. **ELANO F Y OTROS 1997** "Control of Black Sigatoka Disease (*Mycosphaerella fijiensis*) Using effective Microorganisms. Tesis de post grado. Escuela de Agricultura de la región Tropical Húmeda (EARTH UNIVERSITY). Las Mercedes, Guacimo, Costa Rica. Pág. 36,37.
10. **EARTH, 2009.** La tecnología EM y sus aplicaciones Universidad de Costa Rica EARTH

11. **FIGUEROA, E. R. 1990.** "La Caficultura en el Perú". CONCYTEC. Lima – Perú. 234 p.
12. **FIGUEROA, Z. R. 1998.** "Guía para la caficultura ecológica"
13. **GABER, B.; WIEBE, W. (1997).** Enfermedades del tomate. Guía Práctica para Agricultores. Peto Seed Company, 61 páginas.
14. **HIGA , T. 2003** "Principales microorganismos contenidos en el EM" Universidad de Ryukyus Okinawa, Japón
15. **HUNZIKER, A. T. (1979).** South American *Solanaceae*: a synoptic survey. In: <<Hawwkes, J. G.; Lester, R. N.; Skelding, A. D. (Eds.). The biology and taxonomy of the *Solanaceae*. Academic Press, New York & London>>: 4985.
16. **HOLDRIGE 1975.** "Ecología Basada en las Zonas de Vida". San José – costa rica. IICA. Pág. 250.
17. **INTA. 2004.** "La Huerta Orgánica". Manual instructivo adaptado. www.inta.gob.ar.
18. **J. N. M. VON HAEFF, (1983).** Manuales para Educación Agropecuaria, Área: Producción Vegetal (16), 1ª Edición, Editorial Trillas, D. F., México: 9-53.
19. **JENSEN, W y SALISBURY, F. 1994.** Botánica. Primera edición español. Ed. McGRAW-HILL, S.A. México. 762 Págs.
20. **LATORRE GUZMAN, BERNARDO 1999** "Enfermedades de las plantas cultivadas". Edit. Alfa Omega. Universidad la Católica. Santiago. Pag 302.
21. **LEONOR CARRILLO.** "Microbiología agrícola" PERÚ
22. **MATHERON M. 2008.** "Fusarium wilt of leafy greens: Managing a challenging disease". PDT. The University of Arizona. Yuma Agricultural Center. Pág. 2.
23. **MARÍN Y ROMERO, (1991).** "Microorganismos del futuro" Agricultura de Costa rica.

24. **MARENA CHAVARRÍA, M; URIBE L.; BOLAÑOS A. 2005**
Microorganismos benéficos en el control de enfermedades en jengibre.
Agronomía Costarricense 29(3): 145-155. ISSN:0377-9424 / 2005.
www.mag.go.cr/rev_agr/inicio.htm www.cia.ucr.ac.cr. 11 p.
25. **MINISTERIOS DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 2000.** "Ficha técnica
del cultivo de Lechuga". El Salvador. www.mag.gob.sv.
26. **PEÑAFEL B. Y DANOSO M. 2004.** "Evaluación de diferentes dosis de
Microorganismos Eficientes (ME) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*)
híbrido Atar Ha-435". Tesis de Post Grado. Ingeniería agropecuaria Universidad
de Guayaquil. Pág. 3 al 16.
27. **PRIMAVESI, A. (1984).** Manejo ecológico del suelo: la agricultura en
regiones tropicales. 5 ed. Buenos Aires: Ataneo.
28. **RUDICH, J. (Eds)** The tomato crop. Chapman and Hall, London, New
York>>: 35 109.
29. **ROJAS, M y RAMÍREZ, H. 1987.** Control hormonal del desarrollo de las
planta. Primera edición, Ed. Limusa. México. 239 Págs.
30. **ROJAS SIERRA, J y MORENO SARMIENTO, N. 2008** Producción y
formulación de prototipos de un biofertilizante a partir de bacterias nativas
asociadas al cultivo de arroz (*Oryza sativa*). Rev. Colombiana iotecnología
[online]. 2008, vol.10, n.2, pp.
31. **SANZ, J.L. 2007.** BACTERIAS FOTOSINTÉTICAS Microbiología
Ambiental UAM – México.
32. **SOLORZANO, H. 1992.** "Producción de Hortalizas de hoja en Tarapoto".
Separata de Olericultura. DAAP – UNSM. Tarapoto – Perú. 56 p.
33. **TERUO H, y JAMES F. 1996.** "Manual de aplicación del EM para los
países del Apnan (Red de agricultura natural del Asia/Pacífico)". Segunda
edición - Tucson, Arizona. 18 Pág.

34. **TERRY E.; LEYVA A.; HERNÁNDEZ A. 2005** Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). Revista Colombiana de Biotecnología, ISSN- e 1909-8758, Vol. 7, Nº. 2, 2005 , págs. 47-54
35. **TORRES MALDONADO ,2006.** "Efecto de microorganismos eficaces (EM) en el rendimiento de cebolla china (*allium fistulosum* L.) variedad 'simba' en el bajo mayo – San Martín. "
36. **VESSEY, J. 2003.** Plant grown promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and soil 255, 571-586.
37. **36. VON HAEFF (1998)** "Fenología del cultivo de tomate". Editorial Agricultura, 450 pags.
38. **37. WEAVER, R. 1976.** Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Editorial Trillas, México. 622 Págs.

ANEXOS

Fotos del trabajo de investigación de tesis

Activación del EM – COMPOST:



Foto 1: Realizando la activación de los Microorganismos eficientes.



Foto 2: Frasco de EM-Compost

Almácigos:

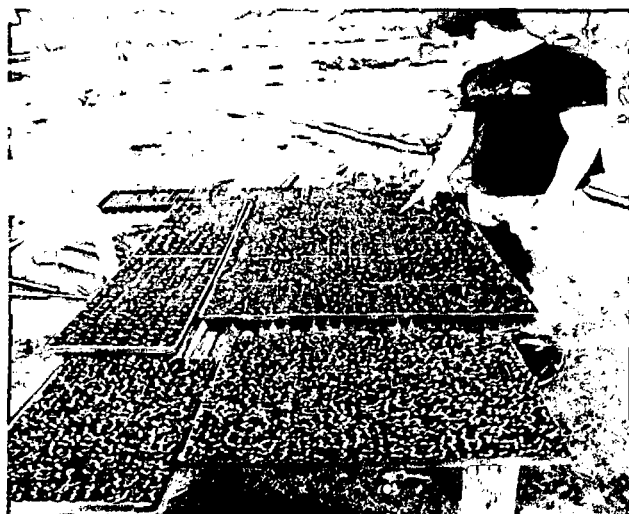


Foto 3: Almacigo del cultivo de Tomate.

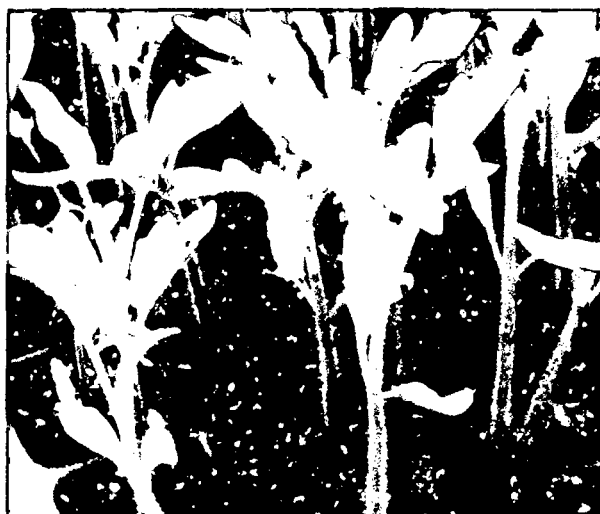


Foto 4: Vista de Plántulas del tomate.

Preparación del terreno:



Foto 5: Remoción del terreno



Foto 6: Rastrillando el terreno

Aplicación del EM – COMPOST:



Foto 7: Aplicando los Microorganismos
Eficientes a campo definitivo

Siembra de plántulas de tomate:



Foto 8: Trasplante de plántulas a campo definitivo.



Foto 9: Riego de las plántulas

Trabajo en Laboratorio

Preparación del Medio de Cultivo

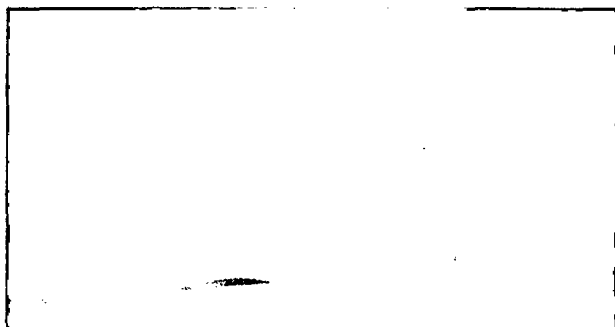


Foto 10: Mezcla de los componentes

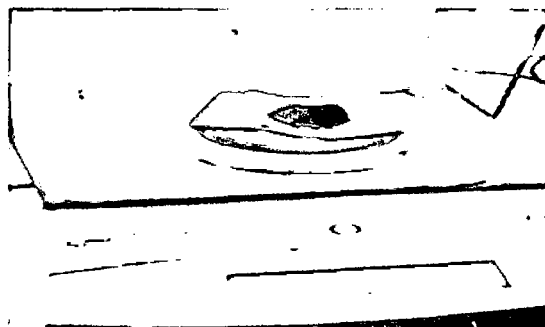


Foto 11: Pesado de la peptona

Llenado de las Placas Petri con Medio de Cultivo e inoculación de EM - Compost

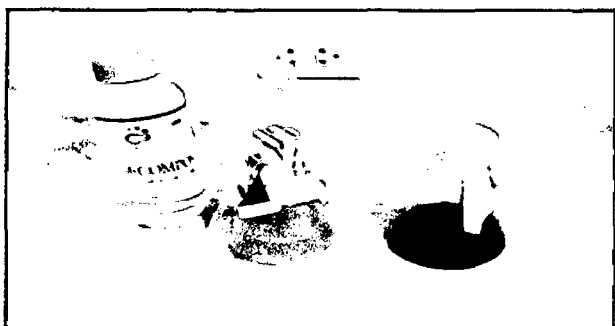


Foto 12: Medios de Cultivo, Agar de papa Y Medio Nutritivo



foto 13: Realizando el plaqueado

Observación de Colonias de Hongos y Bacterias



Foto 14: Vista de Bacterias en agar nutritivo



Foto 15: Vista de los hongos en agar de papa

Identificación de Microorganismos.



Foto 16: Observando desde el microscopio

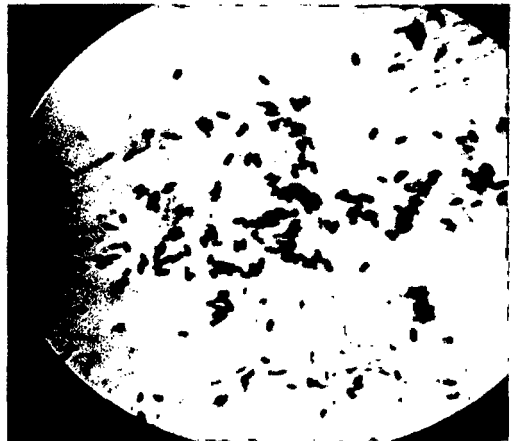


Foto 17: Colonias de bacillus



Foto 18 : Vista de Colonias de bacillus



Foto 19 : Vista de Hongos

Evaluaciones:

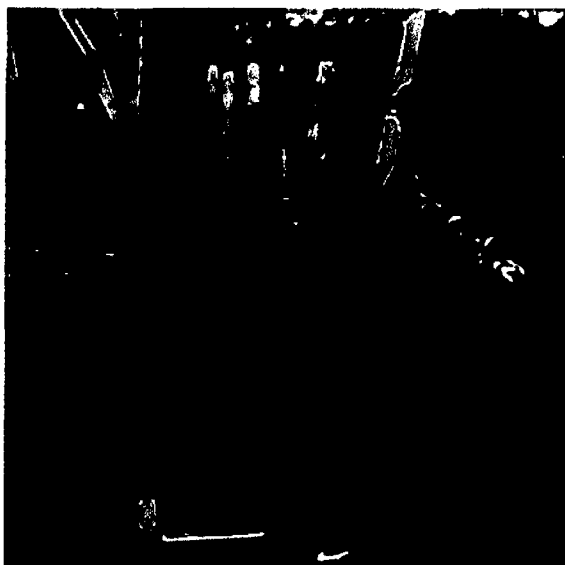


Foto 20: Medida de la planta



Foto 21: Conteo de racimos florales

Evaluaciones:



Foto 22: Medida del diámetro del fruto de tomate



Foto 23: Medida de la longitud del Fruto de tomate



Foto 24: Pesando el fruto del tomate

Tabla 15: Costos de producción para 1 Ha de tomate en Lamas . (T0)

Costo de producción para 1 Ha de tomate en Lamas: T0				
	<i>Unidad</i>	Costo	Cantidad	Costo Si.
a. Preparación del terreno				2100.00
Limpieza de campo	Jornal	30	20	600
Removido del suelo	Jornal	30	20	600
Mullido de suelo y nivelado	Jornal	30	30	900
b. Mano de Obra				5160
Siembra	Jornal	30	15	450
Acarreo de plántulas	Jornal	30	12	360
Aplicación de gallinaza	Jornal	30	0	0
Control fitosanitario	Jornal	30	15	450
Deshierbo	Jornal	30	20	600
Preparación de sustrato	Jornal	30	15	450
Riego	Jornal	30	15	450
Aporque	Jornal	30	15	450
Transplante	Jornal	30	20	600
Aplicación de EM	Jornal	30	0	0
Cosecha, Pesado y embalado	Jornal	30	30	900
Estibadores	Jornal	30	15	450
c. Insumos				1750.00
Semilla	Kg.	3500	0.5	1750
EM (microorganismos eficientes)	Lts	70	0	0
Gallinaza de postura	Tn	50	0	0
d. Materiales				1273.00
Palana de corte	Unidad	20	4.00	80
Machete	Unidad	10	4.00	40
Rastrillo	Unidad	15	4.00	60
Balanza tipo Reloj	Unidad	120	1.00	120
Cordel	M ³	0.3	200	60
Sacos	Unidad	1	500	500
Lampa	Unidad	20	4.00	80
Bomba Mochila	Unidad	150	1.00	150
Análisis de suelo	Unidad	35	1	35
Hilo pabilo	Unidad	48	1	48
Alambre	kg	100	1	100
e. Transporte	t	20	101.945	2038.90
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				7260.00
Gastos Administrativos (10%)				726.00
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				5061.90
TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN				13047.90

Tabla 16: Costos de producción para 1 Ha de tomate en Lamas. (T1)

Costo de producción para 1 Ha de tomate en Lamas: T1				
	<i>Unidad</i>	Costo	Cantidad	Costo Sl.
a. Preparación del terreno				2100.00
Limpieza de campo	Jornal	30	20	600
Removido del suelo	Jornal	30	20	600
Mullido de suelo y nivelado	Jornal	30	30	900
b. Mano de Obra				5910
Siembra	Jornal	30	15	450
Acarreo de plántulas	Jornal	30	12	360
Aplicación de gallinaza	Jornal	30	15	450
Control fitosanitario	Jornal	30	15	450
Deshierbo	Jornal	30	20	600
Preparación de sustrato	Jornal	30	15	450
Riego	Jornal	30	15	450
Aporque	Jornal	30	15	450
Transplante	Jornal	30	20	600
Aplicación de EM	Jornal	30	10	300
Cosecha, Pesado y embalado	Jornal	30	30	900
Estibadores	Jornal	30	15	450
c. Insumos				5820.00
Semilla	Kg.	3500	0.5	1750
EM (microorganismos eficientes)	Lts	70	1	70
Gallinaza de postura	Tn	200	20	4000
d. Materiales				1273.00
Palana de corte	Unidad	20	4.00	80
Machete	Unidad	10	4.00	40
Rastrillo	Unidad	15	4.00	60
Balanza tipo Reloj	Unidad	120	1.00	120
Cordel	M ³	0.3	200	60
Sacos	Unidad	1	500	500
Lampa	Unidad	20	4.00	80
Bomba Mochila	Unidad	150	1.00	150
Análisis de suelo	Unidad	35	1	35
Hilo pabilo	Unidad	48	1	48
Alambre	kg	100	1	100
e. Transporte	t	20	126.12	2522.40
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				8010.00
Gastos Administrativos (10%)				801.00
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				9615.40
TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN				18426.40

Tabla 17: Costo de producción para 1 Ha de tomate en Lamas. (T2)

Costo de producción para 1 Ha de tomate en Lamas: T2				
	<i>Unidad</i>	Costo	Cantidad	Costo Sl.
a. Preparación del terreno				2100.00
Limpieza de campo	Jornal	30	20	600
Removido del suelo	Jornal	30	20	600
Mullido de suelo y nivelado	Jornal	30	30	900
b. Mano de Obra				6000
Siembra	Jornal	30	15	450
Acarreo de plántulas	Jornal	30	12	360
Aplicación de gallinaza	Jornal	30	18	540
Control fitosanitario	Jornal	30	15	450
Deshierbo	Jornal	30	20	600
Preparación de sustrato	Jornal	30	15	450
Riego	Jornal	30	15	450
Aporque	Jornal	30	15	450
Transplante	Jornal	30	20	600
Aplicación de EM	Jornal	30	10	300
Cosecha, Pesado y embalado	Jornal	30	30	900
Estibadores	Jornal	30	15	450
c. Insumos				5890.00
Semilla	Kg.	3500	0.5	1750
EM (microorganismos eficientes)	Lts	70	2	140
Gallinaza de postura	Tn	200	20	4000
d. Materiales				1273.00
Palana de corte	Unidad	20	4.00	80
Machete	Unidad	10	4.00	40
Rastrillo	Unidad	15	4.00	60
Balanza tipo Reloj	Unidad	120	1.00	120
Cordel	M ³	0.3	200	60
Sacos	Unidad	1	500	500
Lampa	Unidad	20	4.00	80
Bomba Mochila	Unidad	150	1.00	150
Análisis de suelo	Unidad	35	1	35
Hilo pabilo	Unidad	48	1	48
Alambre	kg	100	1	100
e. Transporte	t	20	154.856	3097.12
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				8100.00
Gastos Administrativos (10%)				810.00
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				10260.12
TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN				19170.12

Tabla 18: Costo de producción para 1 Ha de tomate en Lamas. (T3)

Costo de producción para 1 Ha de tomate en Lamas: T3				
	<i>Unidad</i>	Costo	Cantidad	Costo SI.
a. Preparación del terreno				2100.00
Limpieza de campo	Jornal	30	20	600
Removido del suelo	Jornal	30	20	600
Mullido de suelo y nivelado	Jornal	30	30	900
b. Mano de Obra				6000
Siembra	Jornal	30	15	450
Acarreo de plántulas	Jornal	30	12	360
Aplicación de fertilizantes	Jornal	30	18	540
Control fitosanitario	Jornal	30	15	450
Deshierbo	Jornal	30	20	600
Preparación de sustrato	Jornal	30	15	450
Riego	Jornal	30	15	450
Aporque	Jornal	30	15	450
Transplante	Jornal	30	20	600
Aplicación de EM	Jornal	30	10	300
Cosecha, Pesado y embalado	Jornal	30	30	900
Estibadores	Jornal	30	15	450
c. Insumos				5960.00
Semilla	Kg.	3500	0.5	1750
EM (microorganismos eficientes)	Lts	70	3	210
Gallinaza de postura	Tn	200	20	4000
d. Materiales				1273.00
Palana de corte	Unidad	20	4.00	80
Machete	Unidad	10	4.00	40
Rastrillo	Unidad	15	4.00	60
Balanza tipo Reloj	Unidad	120	1.00	120
Cordel	M ³	0.3	200	60
Sacos	Unidad	1	500	500
Lampa	Unidad	20	4.00	80
Bomba Mochila	Unidad	150	1.00	150
Análisis de suelo	Unidad	35	1	35
Hilo pabilo	Unidad	48	1	48
Alambre	kg	100	1	100
e. Transporte	t	20	261.483	5229.66
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				8100.00
Gastos Administrativos (10%)				810.00
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				12462.66
TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN				21372.66

Tabla 19: Costo de producción para 1 Ha de tomate en Lamas. (T4)

Costo de producción para 1 Ha de tomate en Lamas: T4				
	<i>Unidad</i>	Costo	Cantidad	Costo Sl.
a. Preparación del terreno				2100.00
Limpieza de campo	Jornal	30	20	600
Removido del suelo	Jornal	30	20	600
Mullido de suelo y nivelado	Jornal	30	30	900
b. Mano de Obra				6000
Siembra	Jornal	30	15	450
Acarreo de plántulas	Jornal	30	12	360
Aplicación de gallinaza	Jornal	30	18	540
Control fitosanitario	Jornal	30	15	450
Deshierbo	Jornal	30	20	600
Preparación de sustrato	Jornal	30	15	450
Riego	Jornal	30	15	450
Aporque	Jornal	30	15	450
Transplante	Jornal	30	20	600
Aplicación de EM	Jornal	30	10	300
Cosecha, Pesado y embalado	Jornal	30	30	900
Estibadores	Jornal	30	15	450
c. Insumos				6030.00
Semilla	Kg.	3500	0.5	1750
EM (microorganismos eficientes)	Lts	70	4	280
Gallinaza de postura	Tn	200	20	4000
d. Materiales				1273.00
Palana de corte	Unidad	20	4.00	80
Machete	Unidad	10	4.00	40
Rastrillo	Unidad	15	4.00	60
Balanza tipo Reloj	Unidad	120	1.00	120
Cordel	M ³	0.3	200	60
Sacos	Unidad	1	500	500
Lampa	Unidad	20	4.00	80
Bomba Mochila	Unidad	150	1.00	150
Análisis de suelo	Unidad	35	1	35
Hilo pabilo	Unidad	48	1	48
Alambre	kg	100	1	100
e. Transporte	t	20	270.334	5406.68
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				8100.00
Gastos Administrativos (10%)				810.00
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				12709.68
TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN				21619.68

Gráfico 9: Croquis de Campo Experimental

